

福島第一原子力発電所の汚染水処理対策の課題と対応 参考資料集

2021年6月25日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

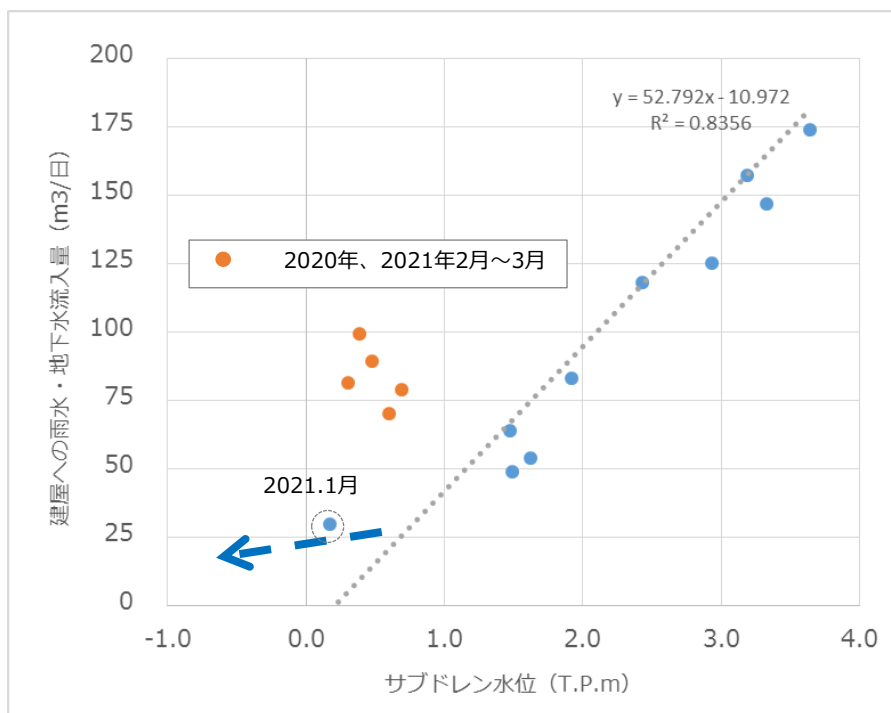
目次

- (1) 汚染水発生量の抑制対策
- (2) 建屋滞留水処理
- (3) 自然災害対策
 - ①豪雨リスクへの対応
 - ②津波対策
- (4) 陸側遮水壁の長期運用に向けた対応

(1) 汚染水発生量の抑制対策

渇水期（1月～3月）のサブドレン水位と建屋流入量の関係

- 2016年～2019年の少雨期のサブドレン水位と建屋流入量の関係を整理すると線形的に低下していることが確認される。
- これは、陸側遮水壁の構築により、周辺地下水位もサブドレン水位と共に低下し、建屋周辺の埋設物の貫通部が地下水位以上になってきていた結果であると想定される。
- 2021年以降、サブドレンの設定水位はT.P. 0以下で運用することから、渇水期の建屋流入量は約0～30m³/日まで抑制されると想定している。
- 2020年及び、2021年2月～3月は降雨が多いなどの要因により流入量が大きかったと想定している



年	SD設定L値 (T.P.m)	SD水位実測 (T.P.m)
2016	3.14	3.64
2017	2.12	2.85
2018	1.60	1.93
2019	0.95	1.53
2020	0.04	0.56
2021	-0.55	0.17

※各年の1月～3月の平均値を記載

2020年及び2021年2月～3月データは下記の要因により流入量が低下しかなかったと想定される。

- ・ 例年に比べて降雨量が1月に多かった（100mm前後）
- ・ 降雨時にLCOが発生し、SDが1週間以上停止（2020.1）
- ・ 建屋水位低下により、タービン建屋底盤近くとなり建屋の想定面積による誤差が大きい可能性

※2016年～2021年1月～3月の実績
 （2018年2月、3月は、K排水路の逆流の影響があるため除外、
 2020年1～3月、2021年2月、3月は、右記の理由により除外）

(2) 建屋滯留水処理

建屋滞留水中のα核種の状況

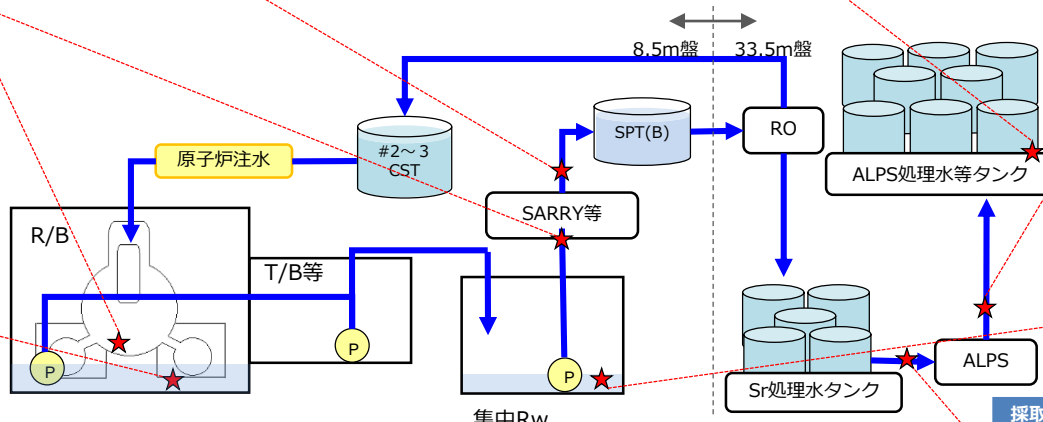
- 原子炉建屋の滞留水からは比較的高い全α（2~5乗Bq/Lオーダー）が検出されているものの、セシウム吸着装置入口では概ね検出下限値程度（1乗Bq/Lオーダー）であることを確認。
- 全α濃度の傾向監視とともに、α核種の性状分析等を進め、α核種の低減メカニズムの解明を進める。
- 今後、原子炉建屋の滞留水水位をより低下させていくにあたり、全α濃度が上昇する可能性もあることから、プロセス主建屋、高温焼却炉建屋の代替設備や、汚染水処理装置の改良も踏まえた、α核種拡大防止対策を検討中。

採取箇所	分析日	全α濃度	採取箇所	分析日	全α濃度	採取箇所	全α濃度	採取箇所	分析日	全α濃度
SARRY入口	2021/5/21	4.1E+01	SARRY出口	2021/5/21	<2.5E-01	G1S,G3,G6,G7,H1~5,H4N, H6(I),H6(II),J1~J7,K1~ K4,B,南工エリア	<1.0E-01	既設ALPS出口	2021/3/31	<6.4E-02
SARRY II 入口	2021/5/11	5.3E+01	SARRY II 出口	2021/5/11	3.0E-01			増設ALPS出口	2021/5/13	<5.7E-02

採取箇所	分析日	全α濃度
3PCV	2015/10/22	2.1E+03

採取箇所	分析日	全α濃度
------	-----	------

1R/B	2019/6/3*2	2.2E+02
	2021/4/14	2.3E+01
2R/B	2020/2/13*3	6.8E+01
	2020/2/13*4	7.9E+01
	2020/4/20*1	3.0E+02
	2020/4/20*2	3.4E+04
3R/B	2020/6/30*2	3.2E+04
	2021/4/14	3.0E+01
	2021/4/14	2.6E+03



採取箇所	分析日	全α濃度
PMB	2019/4/9	4.1E+01
	2021/5/25	1.2E+02
HTI	2019/4/10	3.0E+01
	2021/5/25	6.3E+00

採取箇所	分析日	全α濃度
既設ALPS入口	2021/3/30*5	1.8E+01
増設ALPS入口	2021/5/13	4.1E+00

現状の全α測定結果 [Bq/L]

各建屋滞留水の全αの放射性物質質量評価 [Bq] ※

1号機R/B	2号機R/B	3号機R/B	PMB	HTI	合計
1.5 E+07	5.5 E+07	5.1 E+09	6.0 E+08	1.2 E+07	5.8 E+09

R/B : 原子炉建屋
 T/B : タービン建屋
 Rw/B : 廃棄物処理建屋
 PMB : プロセス主建屋
 HTI : 高温焼却炉建屋



※ 最新の分析データにて評価をしているが、今後の全αの分析結果によって、変動する可能性有り

α核種の性状確認状況および今後の対策

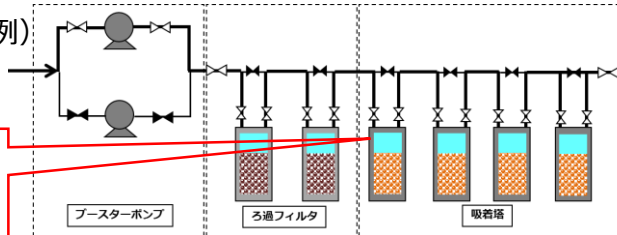
- 2,3号機原子炉建屋で比較的高濃度のα核種が確認された滞留水について、0.1μmのフィルタでのろ過試験を実施。大部分のα核種はフィルタで除去できるが一部は滞留水中に残ることを確認。
 - 一部のα核種については0.1μm以下の粒子状、またはイオン状にて存在していると想定。
- α核種対策として現在、2号機原子炉建屋の滞留水を用いて以下の分析・試験を実施。
 - α核種の核種分析および粒径分布の分析 ➡ α核種の粒径として、概ね数μm以上のものと推測され、同程度のフィルタを設置することにより告示濃度(4Bq/L)を満足できるものとする。今後も3号機R/Bの滞留水の採取等を行い、知見を広げていく。
 - イオン状α核種の除去能力確認のための吸着材試験 ➡ 現在使用しているSARRY吸着材等で浸漬試験を実施し、α核種の低減を確認。
通水試験の準備中
- 上記結果を踏まえ、既存水処理設備に対し、粒子・イオン双方に対する設備の改造を検討。
 - 粒子 : α核種の粒径にあったフィルタの導入
 - イオン : α核種除去能力のある吸着材の導入

	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度以降
原子炉建屋 建屋滞留水水位低下	[Blue bar]			
α核種粒径分析	[Blue bar]	継続して適宜実施予定		[Blue bar]
α核種吸着材試験 (浸漬試験)	[Blue bar]			
α核種吸着材カラム試験		[Blue bar]		
既存設備改造	[Blue bar]			
建屋滞留水処理				[Blue bar]

採取場所	全α濃度 (Bq/L)	
	ろ過前	ろ過後 (0.1μm)
2号機R/B	2.61E+05	9.54E+02
3号機R/B	1.50E+03	1.12E+02

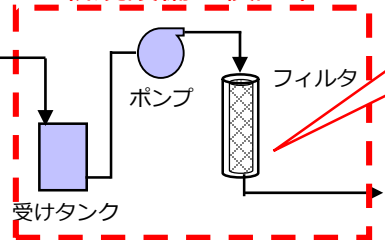



SARRY II (例)



α核種を除去可能な吸着材に変更

新規設備を検討中



α核種の粒径分布からフィルタ径を設定

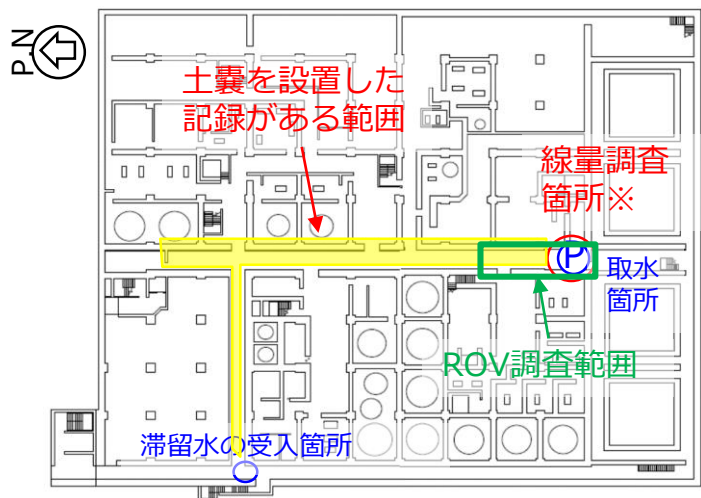
R/B : 原子炉建屋
PMB : プロセス主建屋
HTI : 高温焼却炉建屋

プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋最下階の詳細調査

- プロセス主建屋と高温焼却炉建屋の地下階のゼオライト土囊について、昨年度詳細調査を実施

	プロセス主建屋	高温焼却炉建屋
調査期間と範囲	2019/9/5～2019/9/9 投入箇所から北方へ約12m	2019/12/3～2020/3/11 地下階廊下を完了
線量傾向	間隔を置いて設置された土囊の頂上は線量率が高く、土囊の間では線量率が低下することから地下階で確認された高線量の主要因はゼオライト土囊の可能性が高いことを確認	
最大線量	約3,000mSv/h	約4,400mSv/h
土囊の状況	一部が破損	プロセス主建屋より土囊袋の損傷の程度が大きい
その他	特記事項無し	ゼオライトの他、活性炭と考えられる黒い粒の存在も確認

- プロセス主建屋地下階に設置されたゼオライト土囊・活性炭土囊について、サンプリングと分析を実施した結果、Cs137の放射能濃度[Bq/g]でゼオライトは8乗オーダー、活性炭は5乗オーダーであることを確認。
- 処理作業をすることを想定した、エリアの調査と土囊の位置の詳細な特定を目的として、TRIにて水中ROVを改造した、ボート型ROVで直営にて、地下階調査を実施中。調査結果は設計に役立てていく。



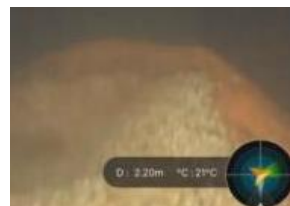
PMB最下階平面図 ※ROVもここから投入予定



PMBの土囊状態(現在)



破損している土囊(現在)

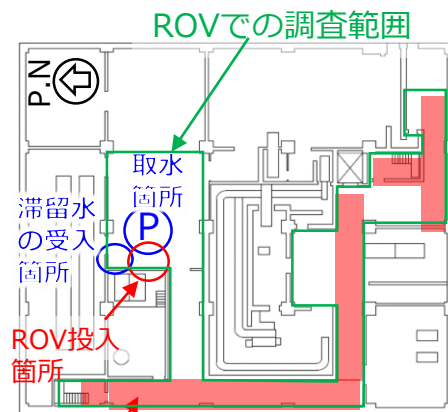


HTIの土囊状態(現在)

※土囊袋が破れており、中身が直接見える状況



HTIの活性炭と考えられる黒い粒(現在)



HTI 最下階平面図

土囊の存在を確認した範囲

TRI : 経営戦略技術研究所
PMB : プロセス主建屋
HTI : 高温焼却炉建屋

ゼオライト土嚢の対応方針

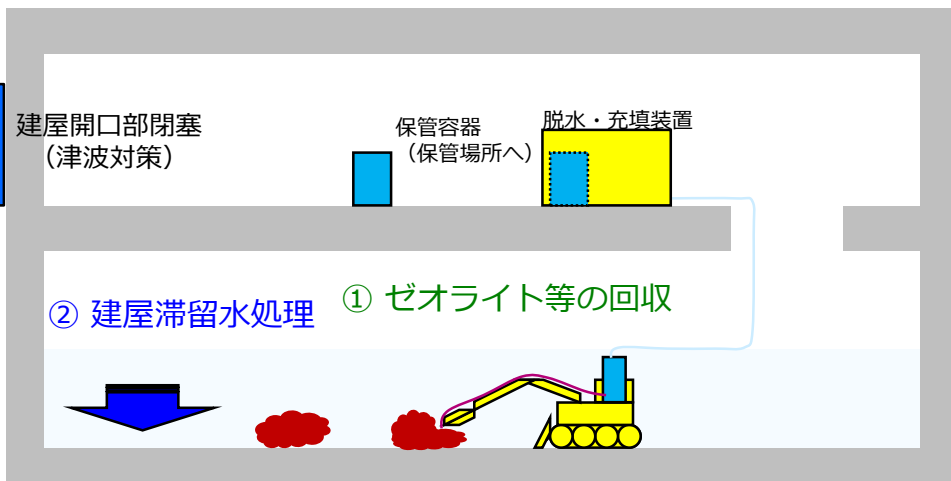
■ プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋の地下階に確認された高線量のゼオライト土嚢等について、適用実績や、作業線量、ダスト飛散防止、作業の単純さ等を考慮した工法である必要があるため、ゼオライト土嚢等と建屋滞留水は下記の順番で処理する方針で検討を進めていくこととする。

- ① ゼオライト土嚢等は、滞留水がある状態において回収
- ② 滞留水の水抜き（最下階床面露出状態の維持）

■ ゼオライト土嚢等の水中回収については、遠隔重機・ROV等による直接回収とし、地上階に直送して脱水、保管容器への充填する方針で検討を進めていく。

※技術の信頼性が高いと考えられる水中回収工法であるが、プロセス主建屋・高温焼却炉建屋に特有な以下の状況に留意して工法の検討を進める。

- 開口の少なさ・狭さに起因するアクセスの難しさへの適応
- 広大な回収範囲への適応
- 暗さや水質などによる視界の不良への適応
- 劣化した土嚢袋への対応



ゼオライト土嚢等の対応方針の概念図

今後のゼオライト土嚢等の対応スケジュール

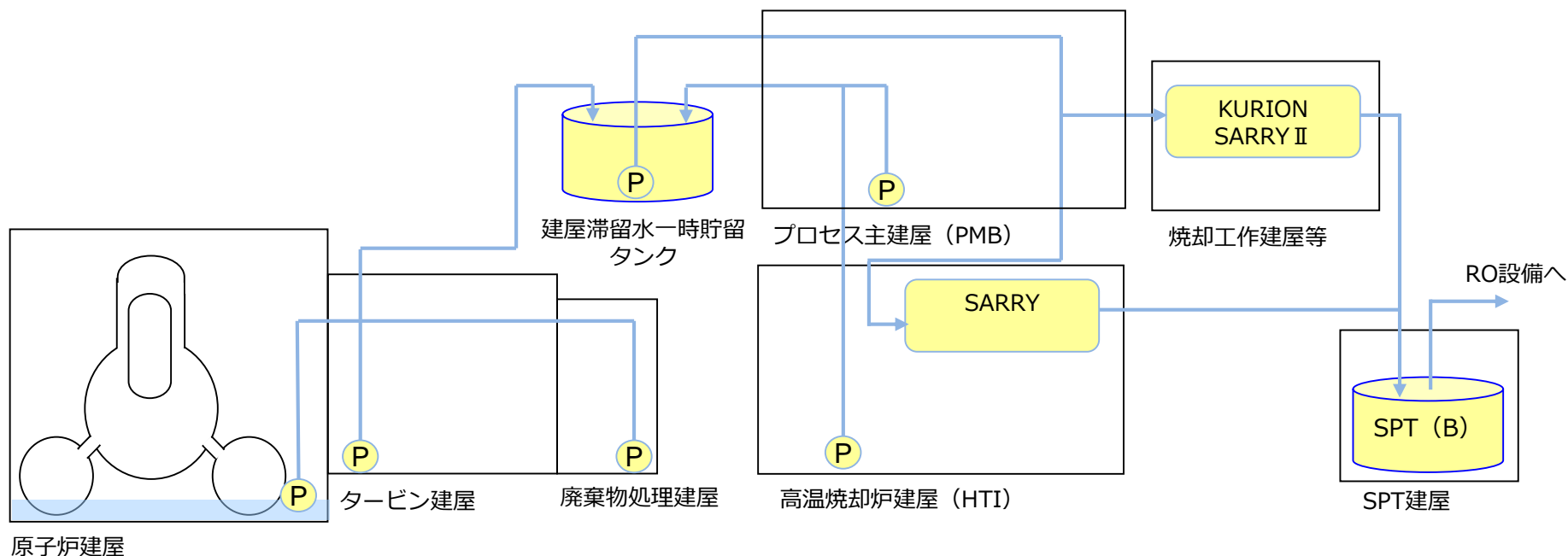
		2020年度	2021年度	2022年度	2023年度以降	2031年
実施計画変更			現在	▼申請		
ゼオライト土嚢等の対策	概念検討	■				
	基本設計		■			
	詳細設計			■		
	製作設置				■	
	回収作業					■
α核種対策 (汚染水処理装置の安定運転)	代替タンク設置	■	■	■	■	■
	水処理装置改良	■	■	■	■	■
建屋滞留水 (PMB,HTI) 処理					床面露出に向けた水位低下	■

PMB :プロセス主建屋
HTI :高温焼却炉建屋

プロセス主建屋、高温焼却炉建屋の代替設備

- プロセス主建屋、高温焼却炉建屋は、1~4号機建屋滞留水を一時貯留することにより、スラッジ類沈砂等による α 核種除去、1~4号機各建屋滞留水の均質化の効果が確認されており、33.5m盤への α 核種拡大防止、汚染水処理装置の安定運転に資している。
- プロセス主建屋、高温焼却炉建屋の床面露出以降は1~4号機建屋滞留水を一時貯留しなくなる※ことから、建屋滞留水一時貯留タンクの設置を進めていく。

※ 大雨時等、1~4号機建屋への流入量増大時には一時貯留する可能性がある。

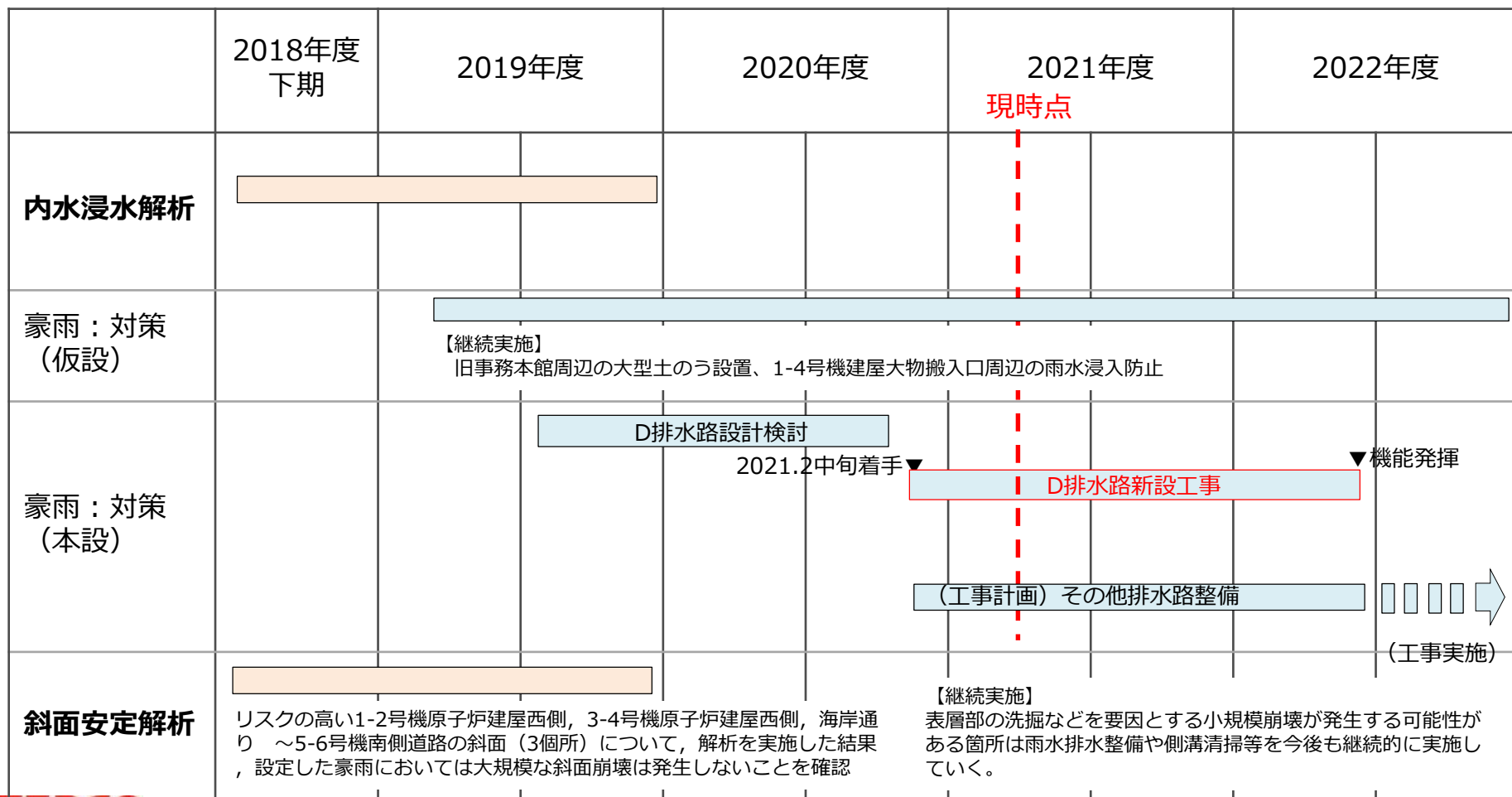


(3) 自然災害対策

①豪雨リスクへの対応（検討工程）

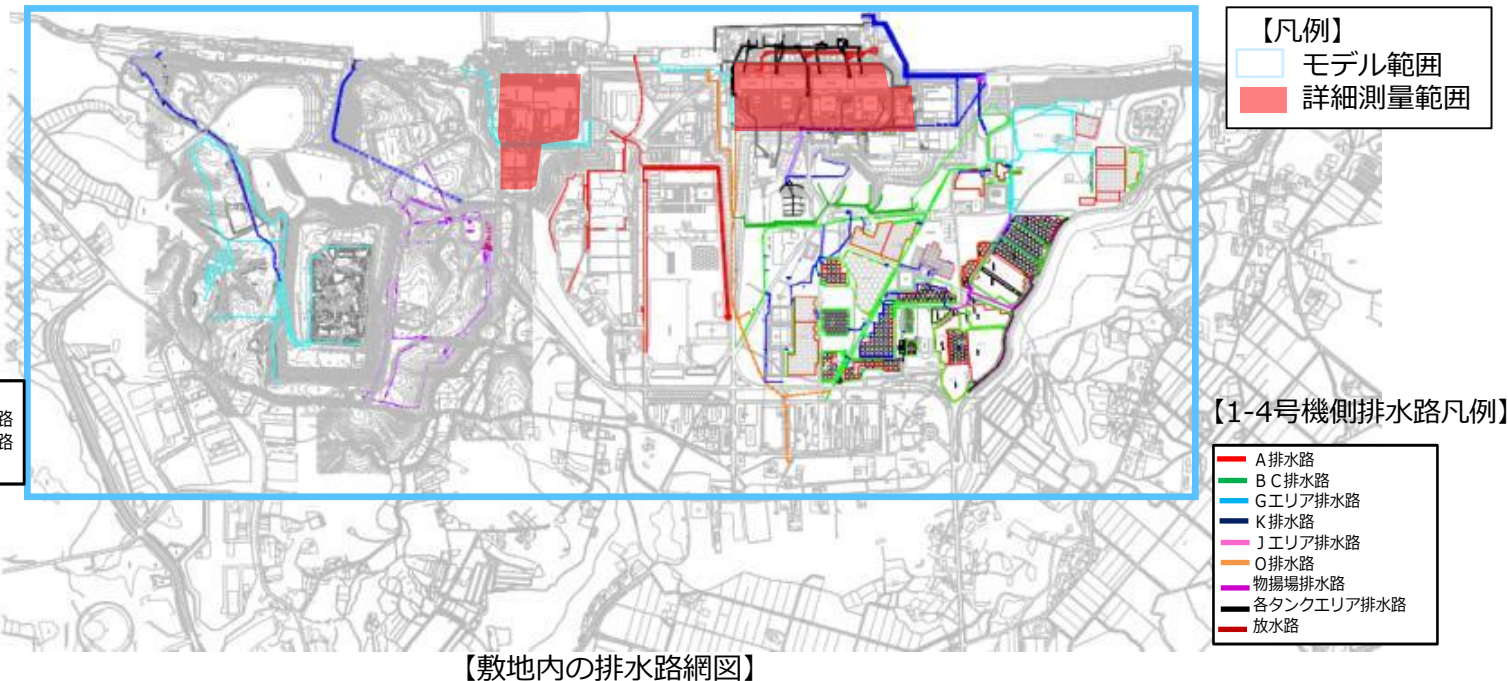
- 内水浸水解析については、解析を完了し、現在、浸水解析結果を踏まえ、D排水路新設工事を2021年2月から着手し、2022年度台風シーズン前を目標に、1 - 4号機建屋周辺の豪雨リスク解消を目指す。
- 斜面安定解析については、解析による評価が完了し、安全率が確保されていることを確認した。現在は、構内全域の斜面近傍の雨水排水整備（修繕）や側溝清掃等を中心に実施中である。

■ : 完了 ■ : 実施中／継続実施



豪雨リスクへの対応（解析モデルの作成）

- 内水浸水解析モデル作成のため、構内の測量を実施し（2019年1月）福島第一原子力発電所構内を網羅するモデルを作成している。特に1 - 4号機周辺、および5 - 6号機周辺は、車両（MMS）測量にて詳細測量を実施。



点群データ例

MMS (Mobile Mapping System);
レーザスキャナ・GNSS・IMU・カメラなどの機器を自動車などの天井部分に搭載し、道路などを走行しながら道路形状、ガードレール、電柱、照明灯路面表示などの周辺状況を高密度かつ高精度な点群データで取得するシステム。

<https://www.as-dai.co.jp/business/technology/ict/mms.html>

豪雨リスクへの対応（モデル降雨の作成）

- 1Fにおける浸水区域図作成のため、1,000年確率相当の雨量を算出した。
- 試算した雨量および、過去の豪雨の降雨波形を元に、モデル降雨を作成している。
- 敷地内浸水解析は、この作成したモデル降雨を用いて実施する。
- 解析結果を踏まえた影響検討を行い、雨量に応じた対策を検討していく。

元データ	確率年	10分雨量	1時間雨量	24時間雨量	標本サイズ
小名浜強度式	30年確率雨量	22.8mm ^{※3}	(58.5mm)	(222.7mm)	—
1F雨量から統計解析した雨量 ^{※1}	1,000年確率相当雨量 (実測データからの想定値)	—	115.0mm	416.9mm	36 ^{※4}
(参考) 国土交通省資料記載：東北東部 ^{※2}	1,000年確率相当雨量 (資料値)	—	120.0mm	747.0mm	—

※1 国土開発技術センターの水文統計手法に準拠

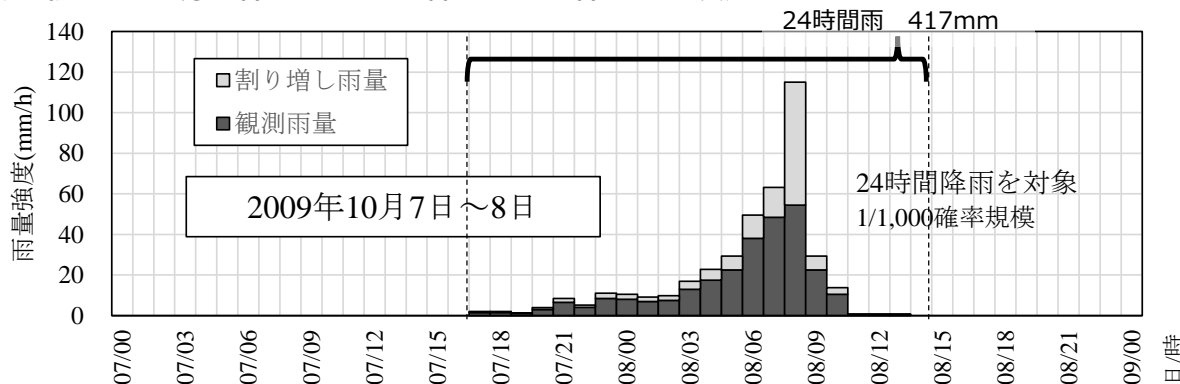
※2 「浸水想定（洪水、内水）の作成等のための想定最大外力の設定手法（国土交通省水管理・国土保全局）」から引用

※3 林地開発許可申請の手引き（平成26年2月 福島県農林水産部）に基づき算出し、排水路設計に使用している降雨強度22.8mm/10分（1時間に換算すると136.6mm/h）

※4 70程度のサイズの標本が望ましいとされているが、今回の試算値は観測されている過去36年分の年最大雨量を使用したもの

【参考】西日本豪雨における降水量例 広島県呉市 約370mm/2日(2018/7/6~7)

■ モデル降雨の検討例：1F観測雨量を基に割り増し雨量を設定



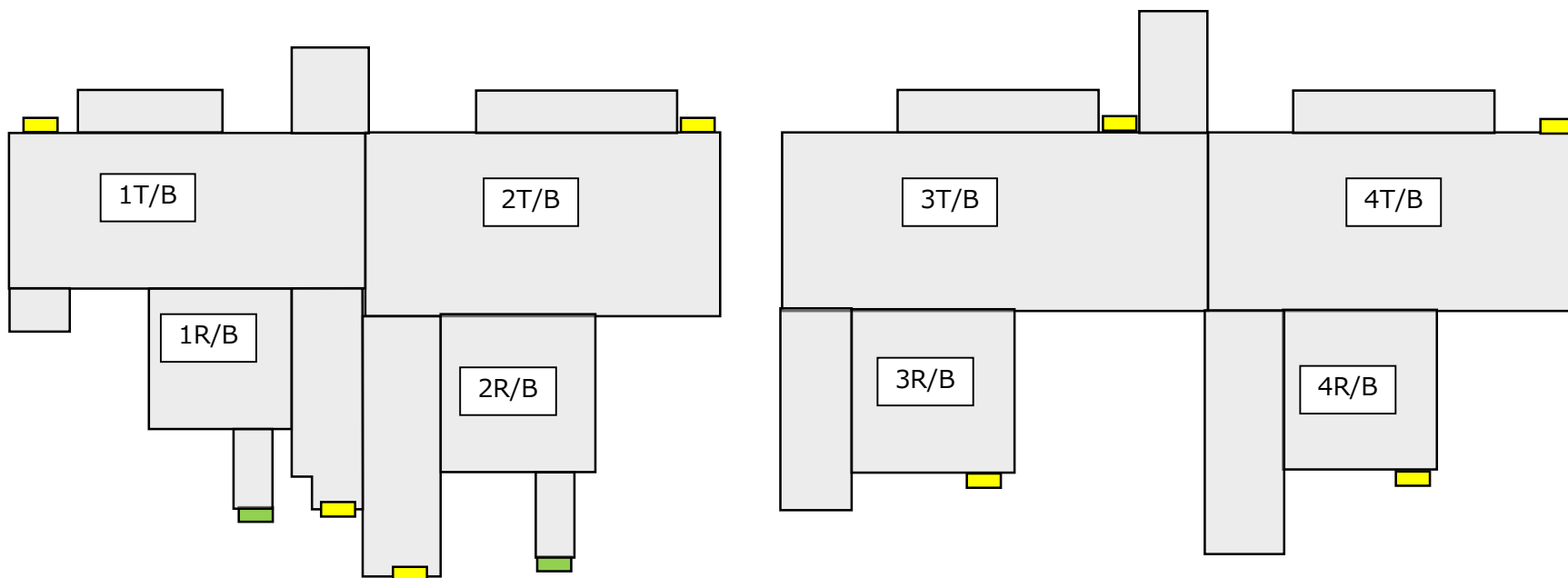
- 300～500mm※程度の降雨が予測された場合、新設排水路の排水能力が小さいことを踏まえ、地形的に降雨が集まると想定される大熊通下端に対して、大型土のうを設置し、1-4号建屋方向への表流水の流入を抑制する。
（※2017年10月19～23日の約300mmの降雨時には、地表溢水は確認されていない。
なお、大型土のうは、あらかじめ製作し、保管している。）



土嚢設置状況

2019年10月の台風19号時に設置

- 浸水時の建屋流入対策として、建屋の開口部へ土のう設置等（高さ30cm程度）の対策を実施。



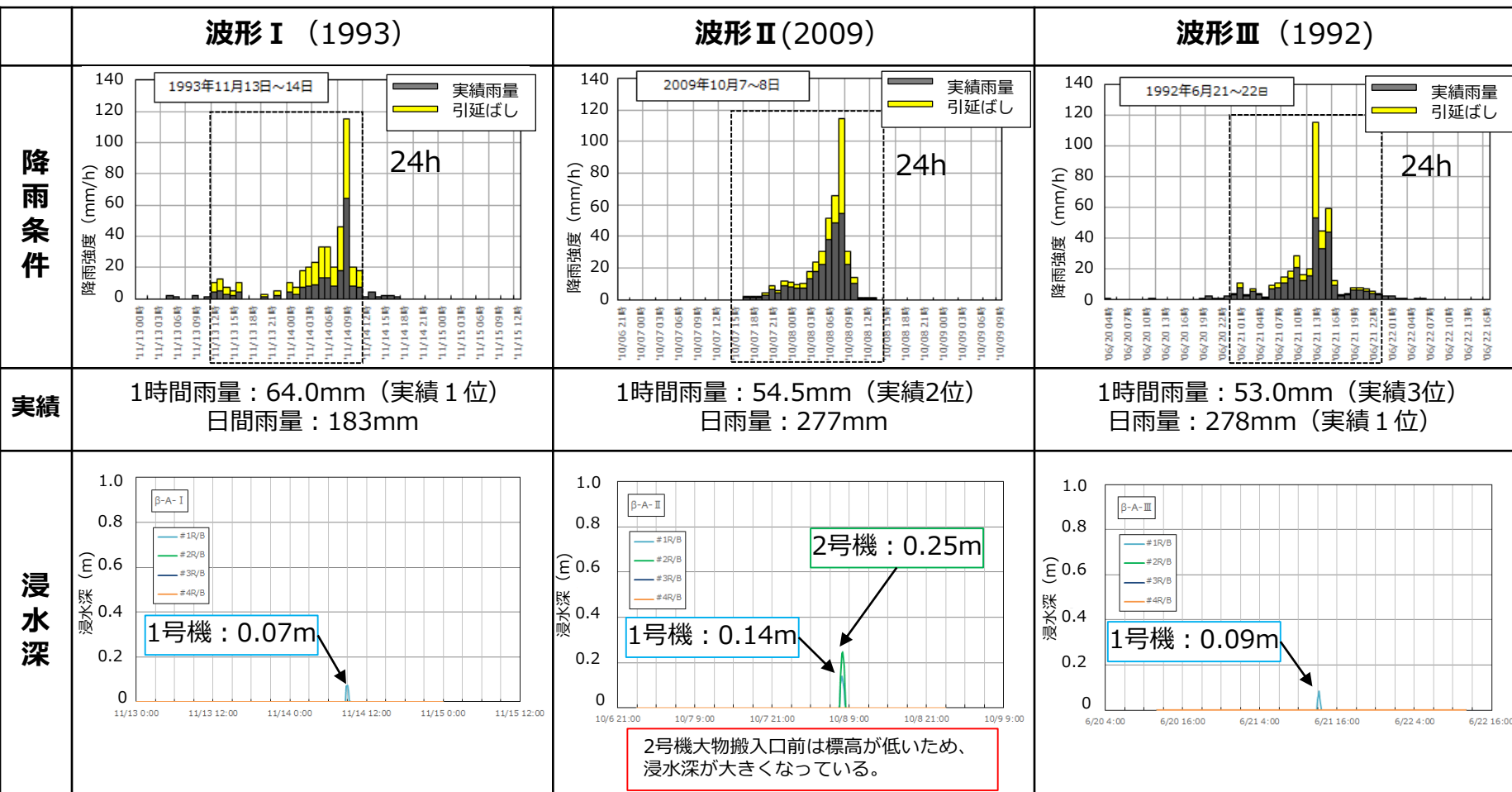
開口部への土のう設置例

- 凡例：
- 土のう設置：8箇所
 - 隙間埋め（パッキン設置）：2箇所

R/B :原子炉建屋
T/B :タービン建屋

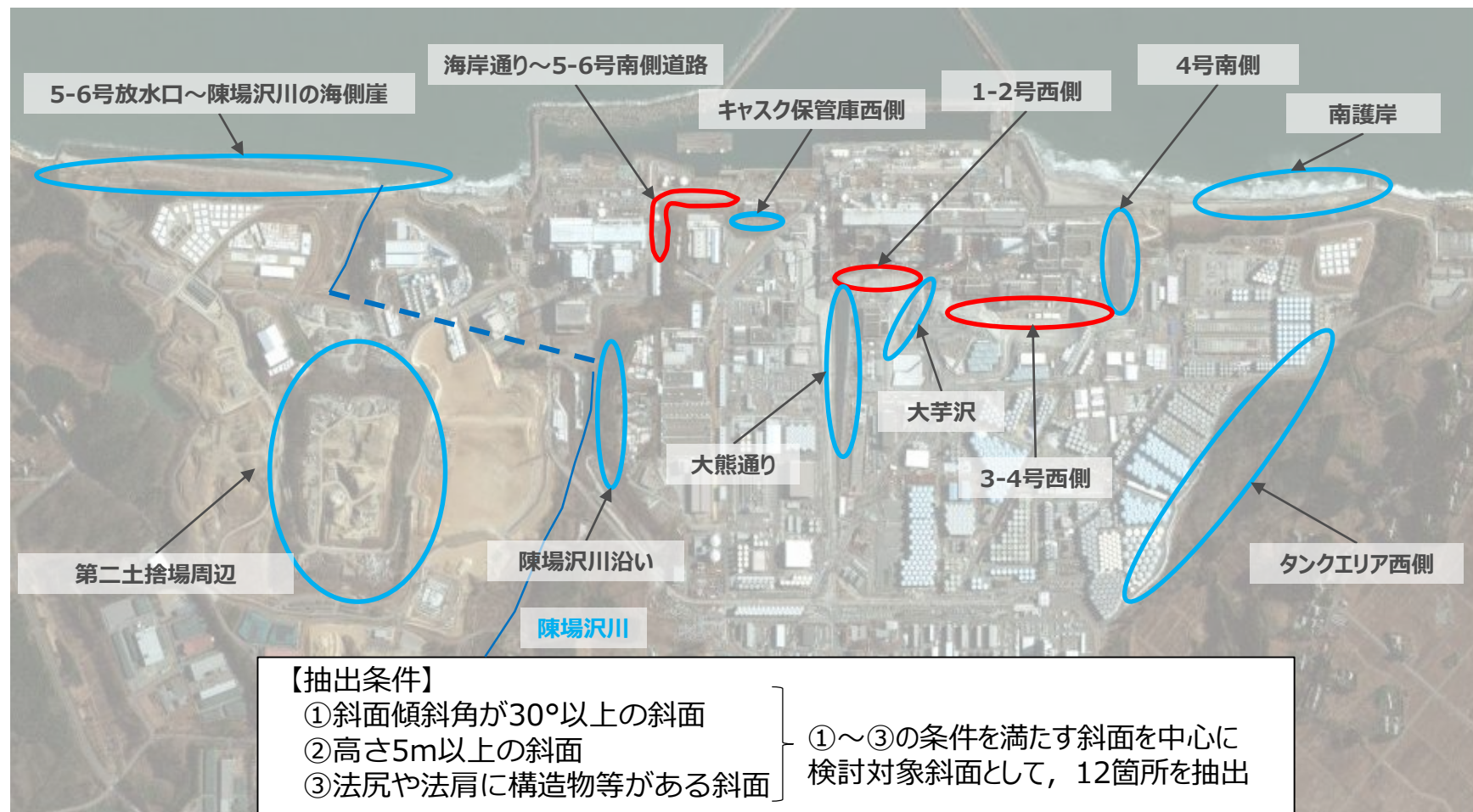
内水浸水解析の降雨条件及び浸水深時系列

- 解析条件となる降雨量は、1F構内の降雨量を基に1,000年確率雨量:**417mm/24時間**として、実績の降雨量を引き延ばし策定した。
- 基となる降雨波形は、1F構内における過去40年データから1時間雨量の上位3番目までの降雨を選定。
- 建屋山側の大物搬入口前の浸水深は7cm~25cmとなり、浸水深は波形Ⅱの降雨が大きくなっている。



豪雨リスクへの対応のうち斜面安定について

- 敷地内の斜面において、斜面の規模及び周辺構造物との関係から検討対象を抽出した。
- 抽出した斜面の内、「豪雨による斜面崩壊の可能性」および「設備への影響」よりリスク評価を行い、リスクの高い1-2号機原子炉建屋西側、3-4号機原子炉建屋西側、海岸通り～5-6号機南側道路の斜面について、解析を実施した結果、設定した豪雨においては大規模な斜面崩壊は発生しないことを確認した。



豪雨リスクへの対応のうち検討対象斜面概要

- 検討対象斜面の概要は下表（傾斜度の高い順）の通り
- 傾斜度・設備重要度の観点も踏まえて原子炉建屋周辺の斜面を対象に斜面安定解析をまずは実施した。

No.	場所	傾斜度 (平均) °	高さ m	法面の 対策状況※	周辺設備
1	海岸通り～5-6号南側道路	41	24	無	原子炉建屋, サブドレン移送配管 (浄化後)
2	5-6放水口～陳馬沢川の海側崖	38	25	有 (一部)	PPフェンス
3	キャスク保管庫西側	35	28	無	(重要設備なし キャスク搬出済み)
4	3-4号西側	35	24	有	原子炉建屋, 配管, ケーブル
5	南護岸	34	28	有 (一部)	PPフェンス
6	大芋沢	34	20	有	配管, ケーブル
7	1-2号西側	33	23	有	原子炉建屋, サブドレン移送配管 (浄化前), 陸側遮水壁ブライン配管
8	大熊通り	32	22	有	窒素設備
9	4号南側	34	25	有	(重要設備なし)
10	第二土捨場周辺	28	18	無	(重要設備なし)
11	陳場沢沿い	24	27	無	(重要設備なし)
12	タンクエリア西側	20	26	有	処理済水貯留タンク

: 斜面安定解析を実施した箇所

赤字 : 重要な設備

※ 対策は, フェーシング, アンカー補強, 擁壁

台風19号による福島第一原子力発電所構内の斜面被災箇所

- 2019年度の豪雨（台風19号：241mm/日）において、抽出した12か所の斜面において、大規模な斜面崩壊は発生していない。
- 但し、敷地内の法面9箇所において崩れを確認したが、いずれも小規模であり、表層の雨水が排水しきれず、流れが集中し、洗掘などから派生した崩壊がほとんどと想定される。
- 復旧工事を完了済み。

【一部崩れている状況】

【応急処置後の状況】

【構内発生位置図】

①陳場沢川河口付近



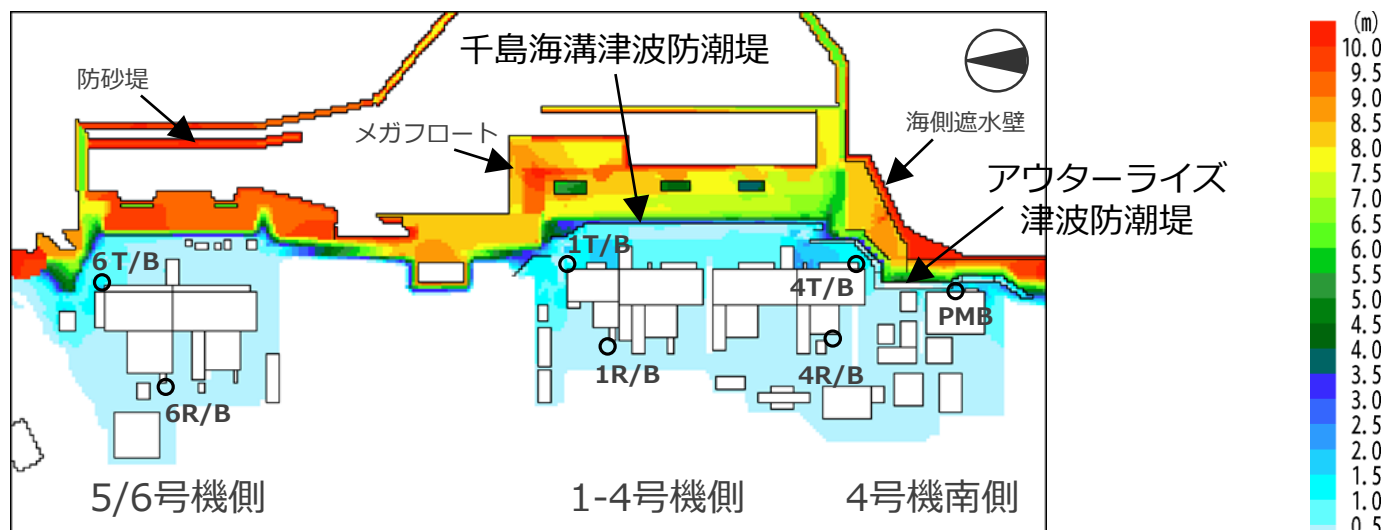
②第二土捨場北構内道路



②津波対策（日本海溝津波防潮堤の設置①）

- 2020年4月に内閣府「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会」が、日本海溝津波の発生が切迫していると評価したことを踏まえ、1Fの最新の沿岸構造物の反映等を踏まえた津波解析を実施し、1F敷地内への影響評価は下図の通りである。
- 今回評価では、内閣府公表資料（福島県）の津波高・浸水深図（※）と比較し、1-4号機側・4号機南側は千島海溝津波防潮堤やアウターライズ津波防潮堤の設置効果で浸水深は小さいが、5/6号機側は内閣府公表資料と同等の浸水深である。

（※）http://www.bousai.go.jp/jishin/nihonkaiko_chishima/model/pdf/hukushima.pdf



日本海溝津波来襲時の最大浸水深分布図

（略称）
 T/B：タービン建屋
 R/B：原子炉建屋
 PMB：プロセス主建屋

最大浸水深 (m)	6T/B	6R/B	1T/B	1R/B	4T/B	4R/B	PMB
内閣府公表資料	概ね1.0m以下		概ね2.0～5.0mの範囲				
今回評価	1.0	0.1	1.4	0.3	1.2	0.3	1.7

5/6号機側は同等

1-4号機側は内閣府公表資料（福島県）の浸水深より小さい

津波対策（日本海溝津波防潮堤の設置②）

- 日本海溝津波防潮堤工事は2021.6月中旬以降に工事着工し、2023年度下期に完成予定である。
- 日本海溝津波防潮堤は道路として兼用する。
- 斜面補強部上部は今後の1-4号機廃炉工事エリアとして活用していく。

防潮堤天端高

約15m

約13.5~15m

約15~16m

凡例

- 防潮堤線形
- アクセス道路
- 斜面補強部

T.P.2.5m盤

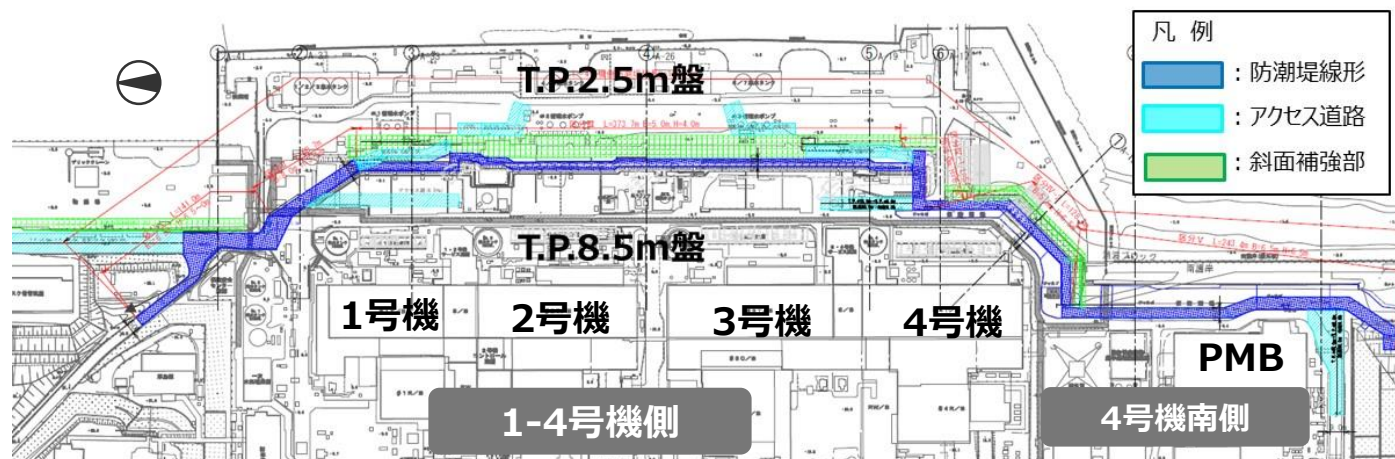
標準断面位置

T.P.8.5m盤

2021.5時点

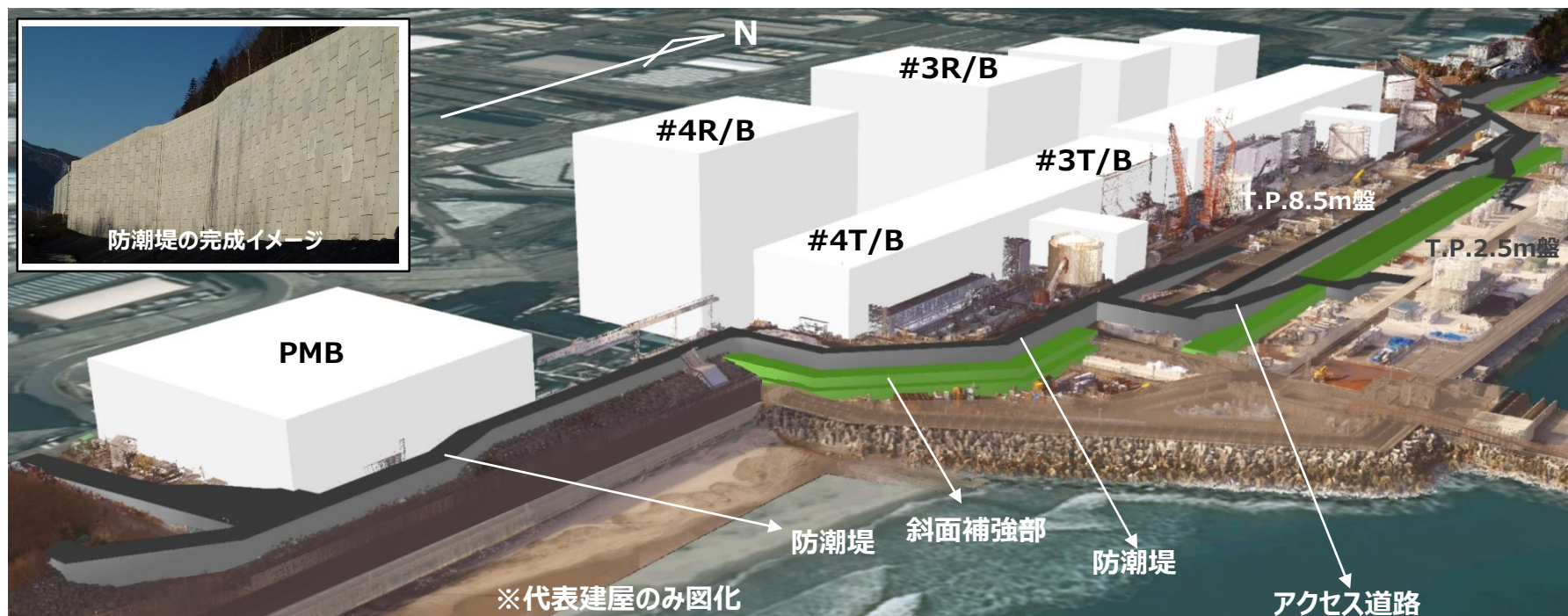
※今後の施工段階で細部の防潮堤高さ等は変更になる可能性がある。

日本海溝津波防潮堤 鳥瞰図 (1-4号機エリア)



視線方向

R/B : 原子炉建屋
T/B : タービン建屋
PMB : プロセス主建屋



津波対策 各建屋開口部の閉止工事状況

- 区分③ 外部ハッチ：鋼板蓋を設置し閉止（3号機原子炉建屋）



対策前



対策後

- 区分② 階段室：水密扉を設置し閉止（3号機タービン建屋）



対策前

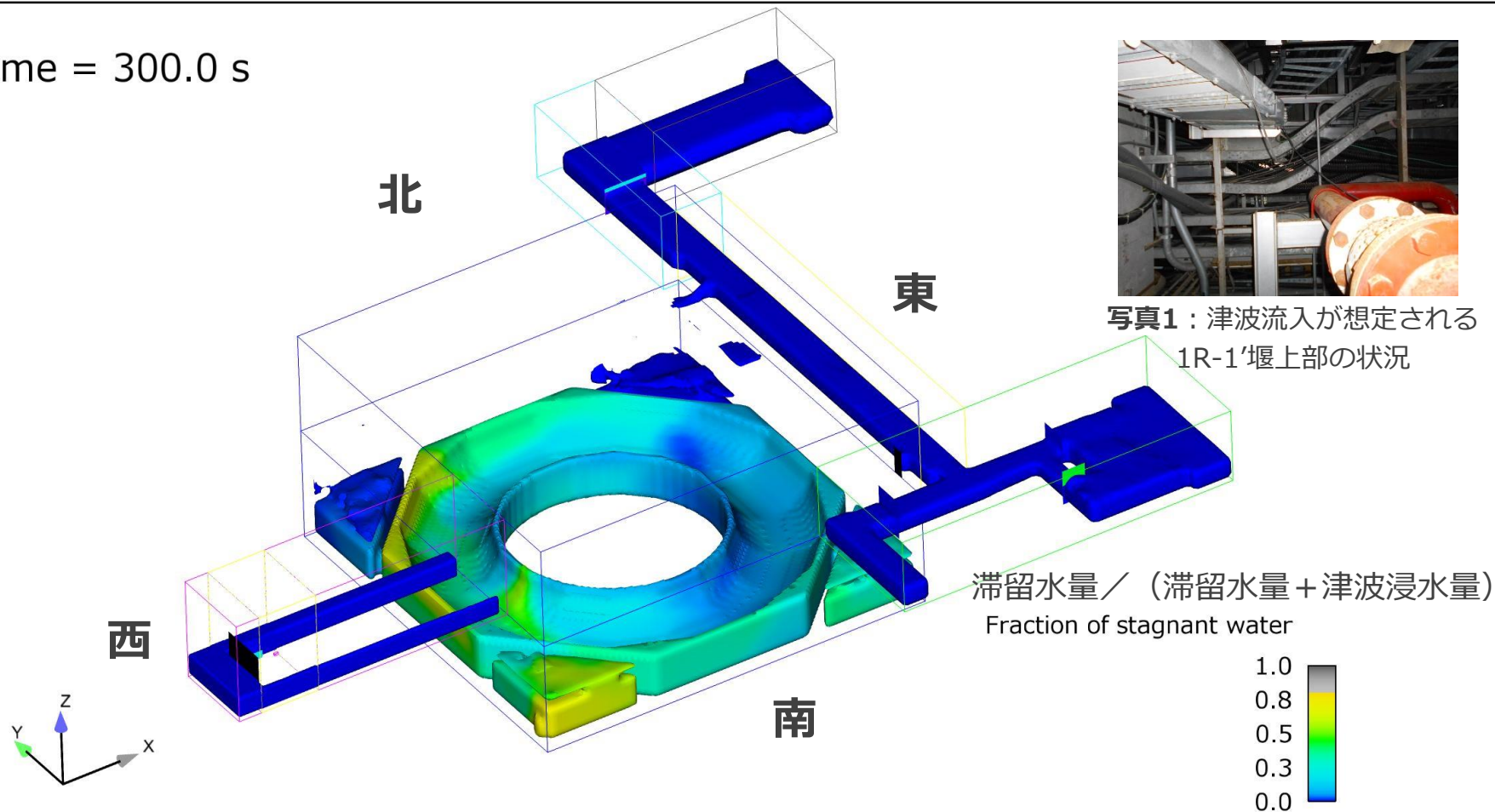


対策後

津波対策（各建屋開口部の閉止工事状況を踏まえ流動解析結果）

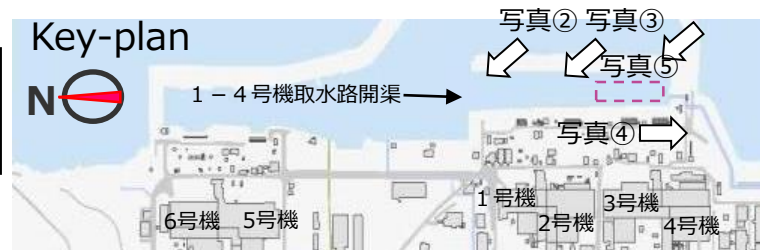
- 放射性物質が残る建屋のうち、流入抑制とした箇所数・面積が大きく、流出リスクの高い1号機原子炉建屋を詳細評価の対象に、3.11津波に対するインベントリの流出評価を実施するために、3次元解析モデルを作成し、流動解析を実施した。
- 解析結果からは、津波による流入量は2,900m³程度（水深5m程度）に留まり、建屋の地下階空間量（建屋地下容積－滞留水量）約6,000m³に対し十分な余裕があることから、評価上滞留水は流出しないと判断した。

Time = 300.0 s



メガフロート工事（ステップ1工事状況）

- 工事着手以降、港湾内の環境モニタリングも継続しているが、有意な変動は見られていない。



メガフロートの係留状況



写真①: 1 - 4号機取水路開渠内でのメガフロート係留状況

バラスト水処理



2019年5月28日～着手
～2020年2月20日完了

着底マウンド造成



写真②: 起重機船による人工地盤材料投入状況



写真③: 起重機船による着底マウンド均し状況

内部除染



2019年7月16日～着手
～2020年2月26日完了

写真⑤: メガフロート内部での除染状況

メガフロート工事（ステップ2 工事状況）

- 移動・着底工事の実施中においても、港湾内の環境モニタリングを継続実施しており、有意な変動は見られていない。

写真①【仮着底作業中】
(2020.4.3撮影)



写真③【着底後のメガフロート】
(2020.8.3撮影)

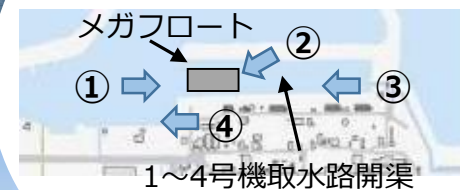


写真②【内部充填作業中】



写真④【護岸ブロック据付作業中】

Key-plan



メガフロート工事（材料製造工事）

- 構内南側エリアでマウンド用の人工地盤材料（アッシュクリート）、内部充填材および護岸ブロック材料（FAモルタル）を製造
- 広野火力発電所の発電時副産物である石炭灰、石膏を有効活用
使用予定量：石炭灰125,700t、石膏3,800t



写真①：製造プラント全景

写真②：人工地盤材料製造状況

津波対策（陸側遮水壁）（計画）

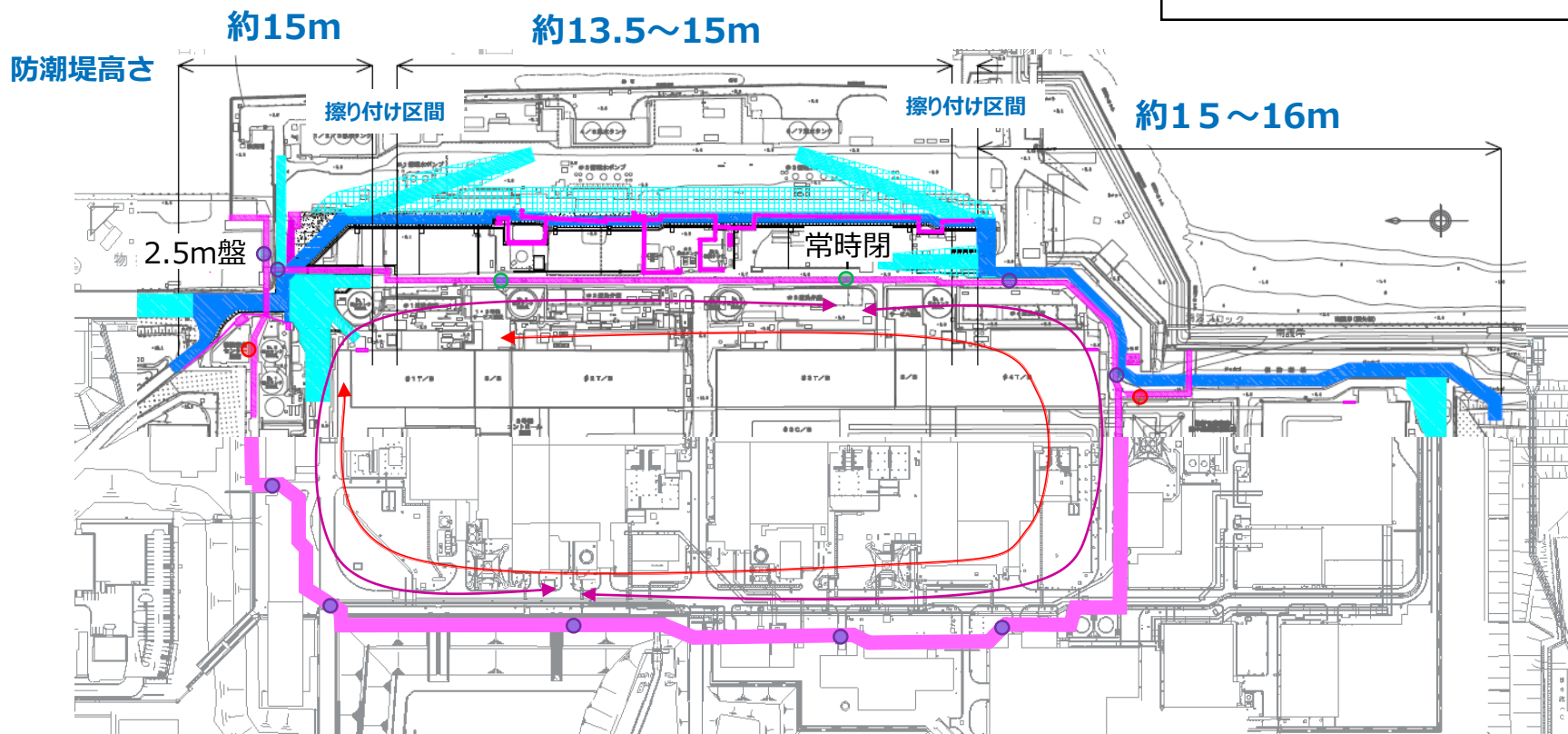
■ 陸側遮水壁は2021年度に、ブライン供給配管の既設の手动バルブの電動化、新設を進め、津波時のブライン漏えいを防止する。防潮堤より海側に関しては、津波後の復旧としている。

- 既設手动バルブ
- 追加電動バルブ（2021年度）
- 手动⇒電動バルブに変更（2021年度）

- ←→ 通常ブライン循環経路
- ←→ 津波後ブライン

凡例

- : 日本海溝津波防潮堤
- : アクセス道路
- : 干渉設備（陸側遮水壁等）



※日本海溝防潮堤は詳細設計中であり高さ、平面線形とも変更の可能性有

(4) 陸側遮水壁の長期運用に向けた対応

- 漏洩要因については、車両通行の関係を調査



ブラインタンク液位計の清掃結果

- ブラインタンクの液位系について1系統、2系統の液位計の点検時に、受圧部に付着物（塩化カルシウム結晶等）が確認されたため、清掃を実施した。
- 清掃後、清掃前に計測されていた液位のスパイクは発生しなくなった。

【液位計の測定原理】

タンク液位に応じて変動する水頭圧（kPa）を計測し、水頭圧に相当する液位（mm）に換算している。

例) 水の場合： 98.0665 kPa \Rightarrow 10,000 (mm) （※比重により変動）

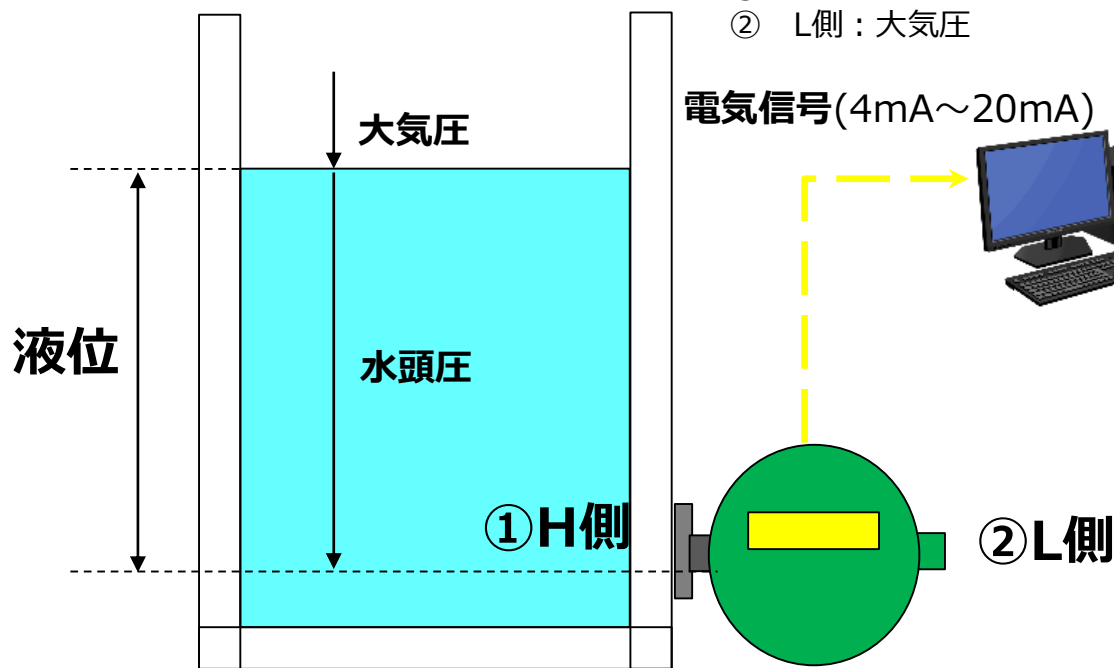
当該液位計は、差圧式液位計を採用しており、水頭圧側（H側）と大気圧側（L側）の二つの圧力を計測し、差引にて正確な水頭圧（=①-②）を計測している。

※大気圧補正を実施することで、天候等の変化に測定値が左右されない

① H側：水頭圧 + 大気圧

② L側：大気圧

電気信号(4mA~20mA) 監視装置
水位表示 ____mm



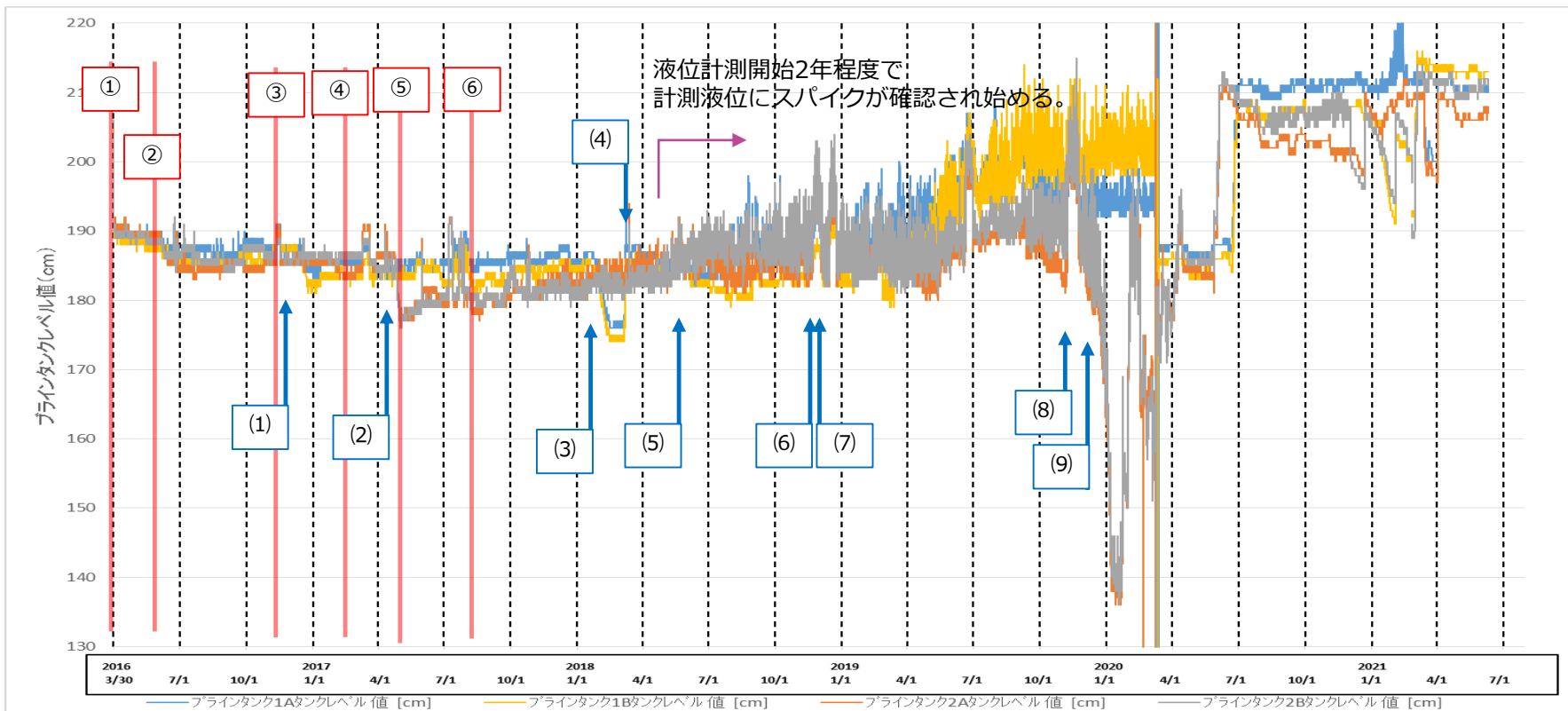
(清掃前)



(清掃後)

ブライントーク液位グラフ (凍結開始以降)

■ ブライントークの液位系の長期トレンドから、計測開始2年程度から計測液位にスパイクが確認され始めている。今後は、スパイクが確認されない期間で点検を行っていく。

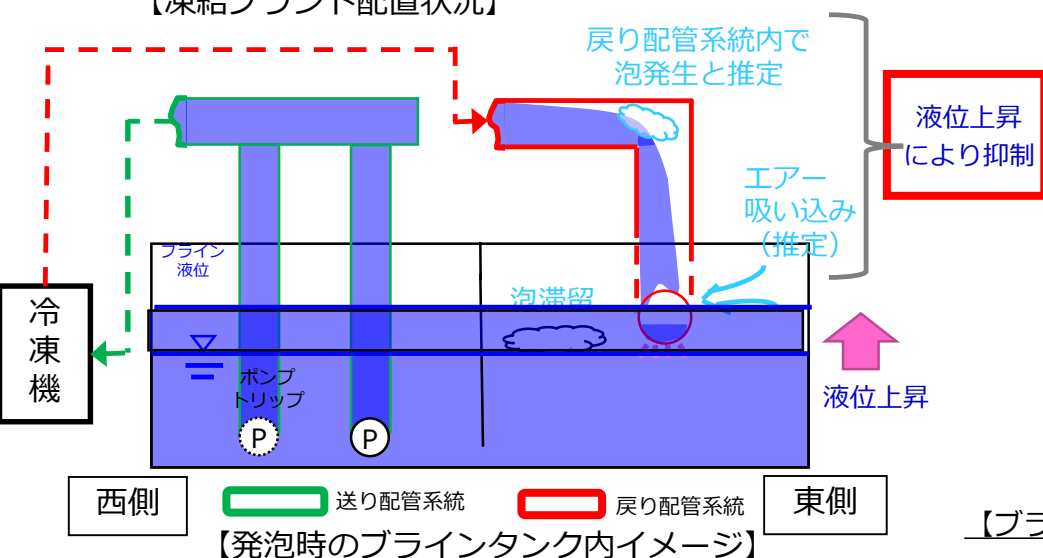
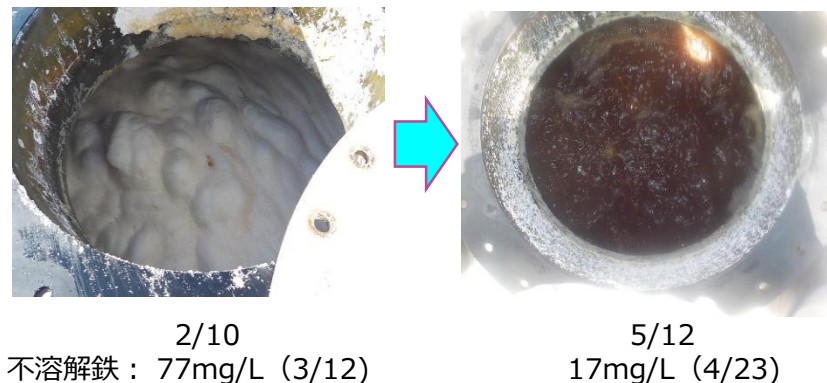
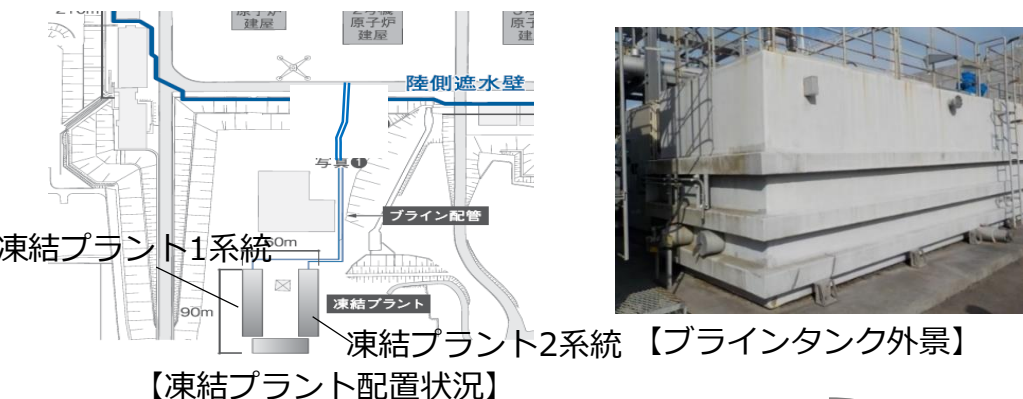


- 凍結運転実績
- ①2016/3/31 本格凍結運転開始 (海側全面凍結+山側部分凍結)
 - ②2016/6/6 7箇所ヘッダー管を残し山側凍結開始
 - ③2016/12/3 未凍結箇所の2ヘッダー管凍結開始
 - ④2017/3/3 未凍結箇所の4ヘッダー管凍結開始
 - ⑤2017/5/22 維持管理運転開始
 - ⑥2017/8/22 未凍結箇所の1ヘッダー管凍結開始
全面凍結運転開始

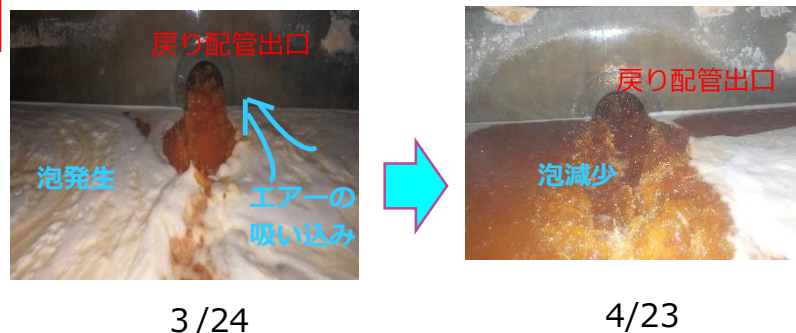
- ブライン漏えい/補給
- (1)2016/12/19 1 B L K - H 1ヘッダー管ブライン漏えい
 - (2)2017/5/1 9 B L K - H 2ヘッダー管ブライン漏えい
 - (3)2018/2/15 4 B L K - H 2凍結管ブライン漏えい
 - (4)2018/3/7 プラント1ブライン補給 (5 m³)
 - (5)2018/6/4 3 B L K - H 3ヘッダー管ブライン漏えい
 - (6)2018/11/19 6 B L K - H 1供給管ブライン漏えい
 - (7)2018/11/26 3 B L K - H 6供給管ブライン漏えい
 - (8)2019/11/6 6 B L K - H 1供給管ブライン漏えい
 - (9)2019/12/26 6 B L K - H 1凍結管ブライン漏えい
 - (9)以降はp15を参照

ブラインタンクでの発泡事象の要因について

- ブラインを補充して高液位・定格流量を保ちながら運転を継続している事で、2月に2系統のタンク内で確認された発泡事象は抑制されている状況である。
- また、3/17から実施しているブラインの浄化運転も継続した結果、タンク内の不溶解鉄に関して低減してきており、今後も浄化運転を継続していく。
- 原因としては、タンク液位低下時にエアの吸い込みが発生して発泡事象が発生、不溶解鉄の増加が発泡事象を維持させたと考えている。（促進させる要因については不明）
- 今後は、液位計点検、高液位保持（液位監視）、浄化運転を継続し、ブラインの確実な管理を行っていく。



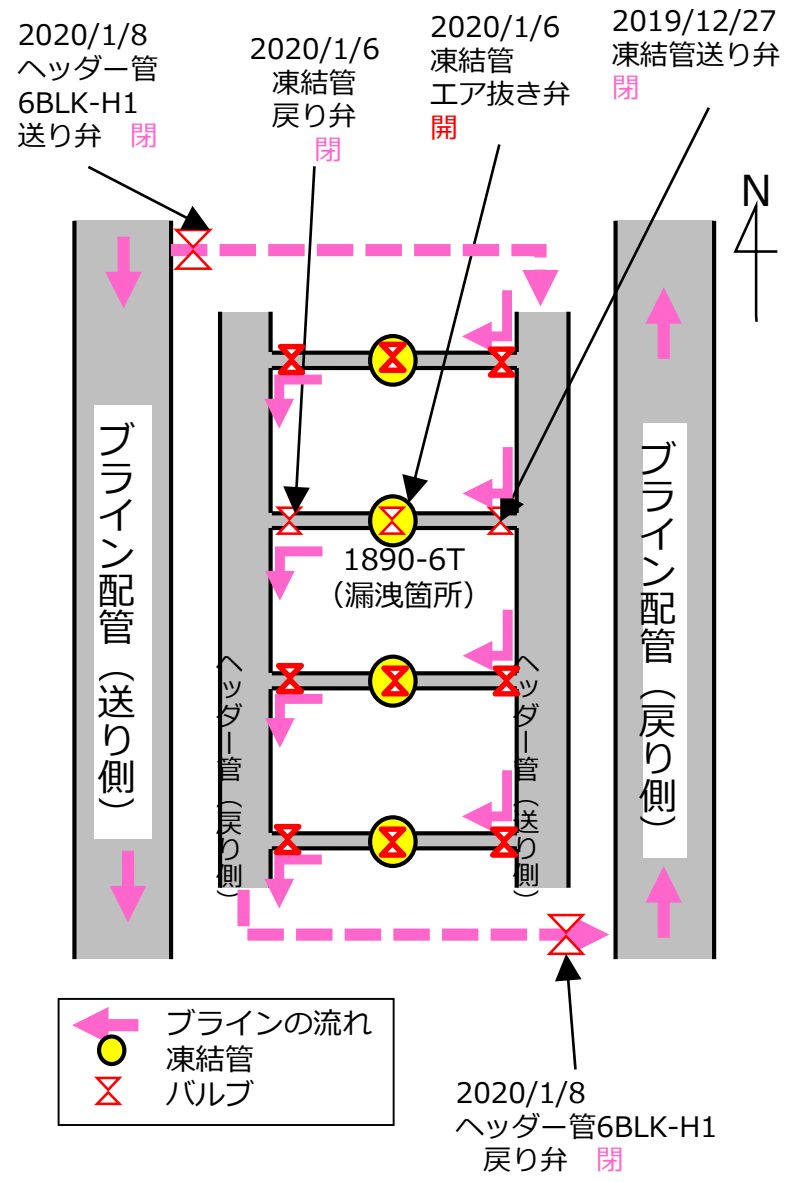
【ブラインタンク（2B東側）内部状況：タンク上部より撮影】
液位（手計）約165cm 液位（手計）約185cm



【ブラインタンク内部（2B東側）の状況（循環戻りライン）】

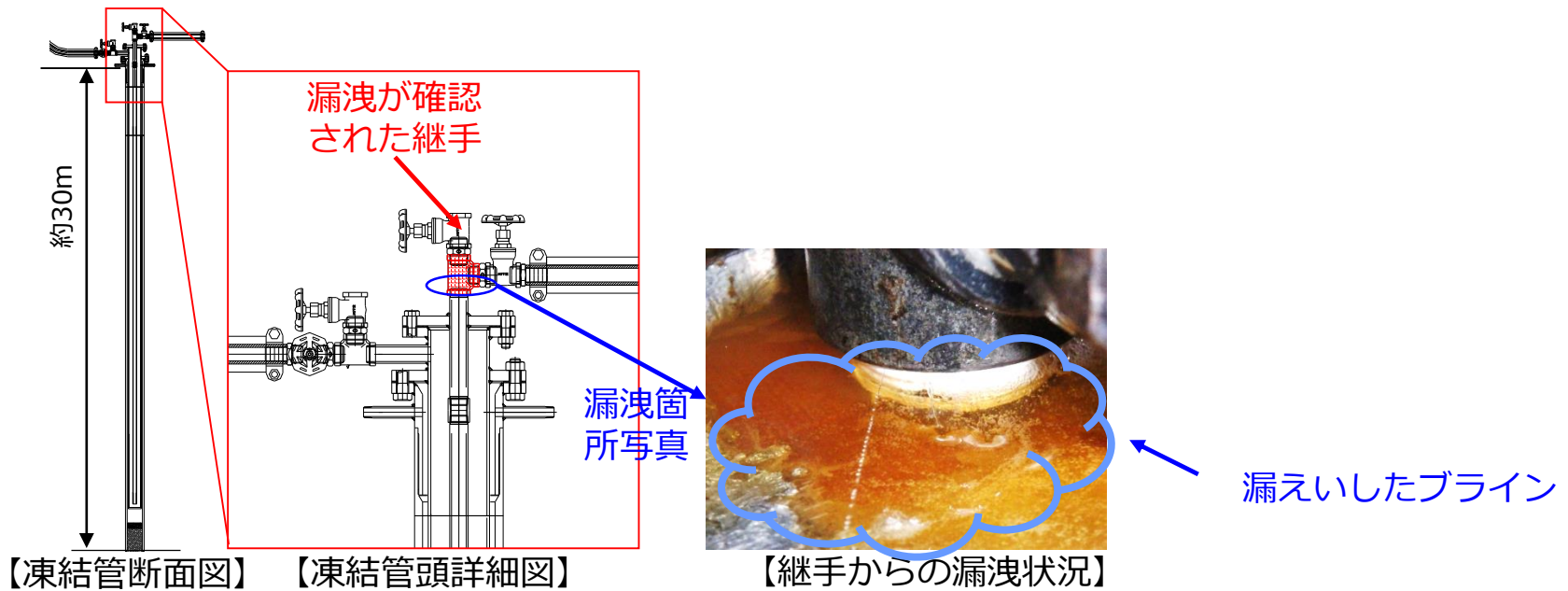
ヘッダー管6BLK-H1 バルブ開閉に関する時系列

日程	対応状況
2019/12/26	陸側遮水壁のブライントank水位を確認したところ、2系統においてtank水位が低下傾向（tank水位-2cm/日）を確認。
2019/12/26～27	現場目視点検にて漏洩調査を実施したところ、6BLK-H1の凍結管1890-6Tで漏洩が確認されたため、凍結管の送り弁を閉止。凍結管からの漏洩が止まっていることを確認。
2019/12/31～	再びブライントankの水位が低下傾向
2020/1/6	漏洩調査を実施。同じ凍結管（1890-6T）から再度漏洩していることが確認されたため、凍結管の戻り弁を閉止。凍結管からの漏洩が止まったことを確認。
2020/1/8	タンク水位の低下が継続していたため、6BLK-H1の送り弁と戻り弁を閉止し全体系統から隔離。タンク水位低下が停滞したためタンク水位低下の要因が6BLK-H1であることを確認。
2020/1/9～11	6BLK-H1の路下部の融氷作実施
2020/1/11～13	6BLK-H1の凍結管路下部9本+地上部2本の保温材撤去を実施。漏えい痕跡なし
2020/1/14	6BLK-H1の路下部の凍結管バルブを閉止し系統からの隔離を実施。地上部の凍結管のみブラインを再循環。
2020/1/15	ブライントank水位が維持されたため地上部からの漏洩はなしと判断し、地上部の凍結管の循環を継続。
2020/1/15～17	路下部の凍結管の加圧試験実施 ⇒路下部に更に3本の凍結管で漏洩していることを確認
2020/1/20～22	路下部のうち、漏洩が確認されなかった凍結管について保温材を取付け、ブラインを供給1/22～。
2020/1/23～31	漏洩が確認された凍結管4本の部材交換他補修作業を実施。残った4本についても1/31～ブラインを供給開始。



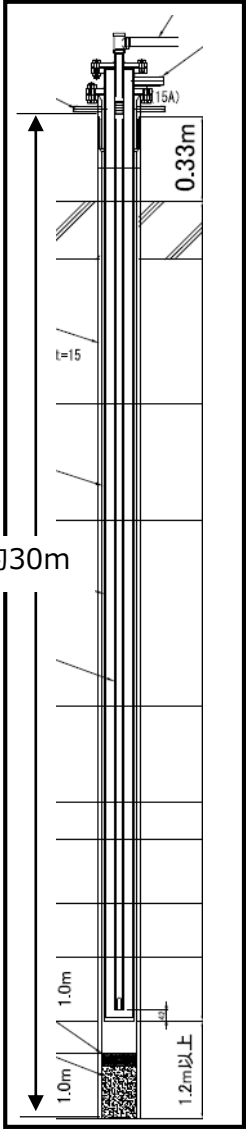
【2019/12/27～1/8バルブ操作状況】

ブラインの漏えい箇所

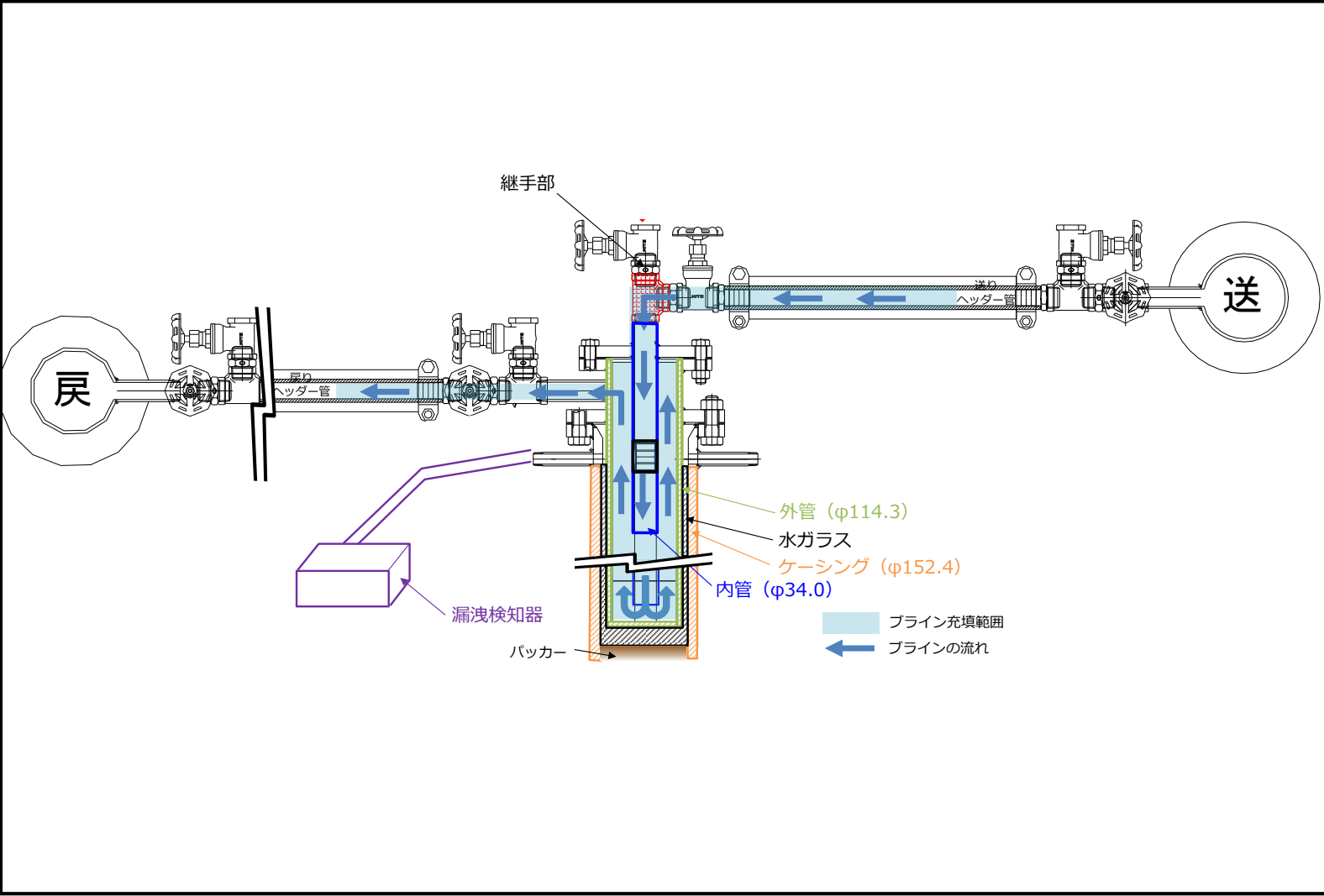


凍結管の構造と循環中のブラインの流れ

凍結管全体図

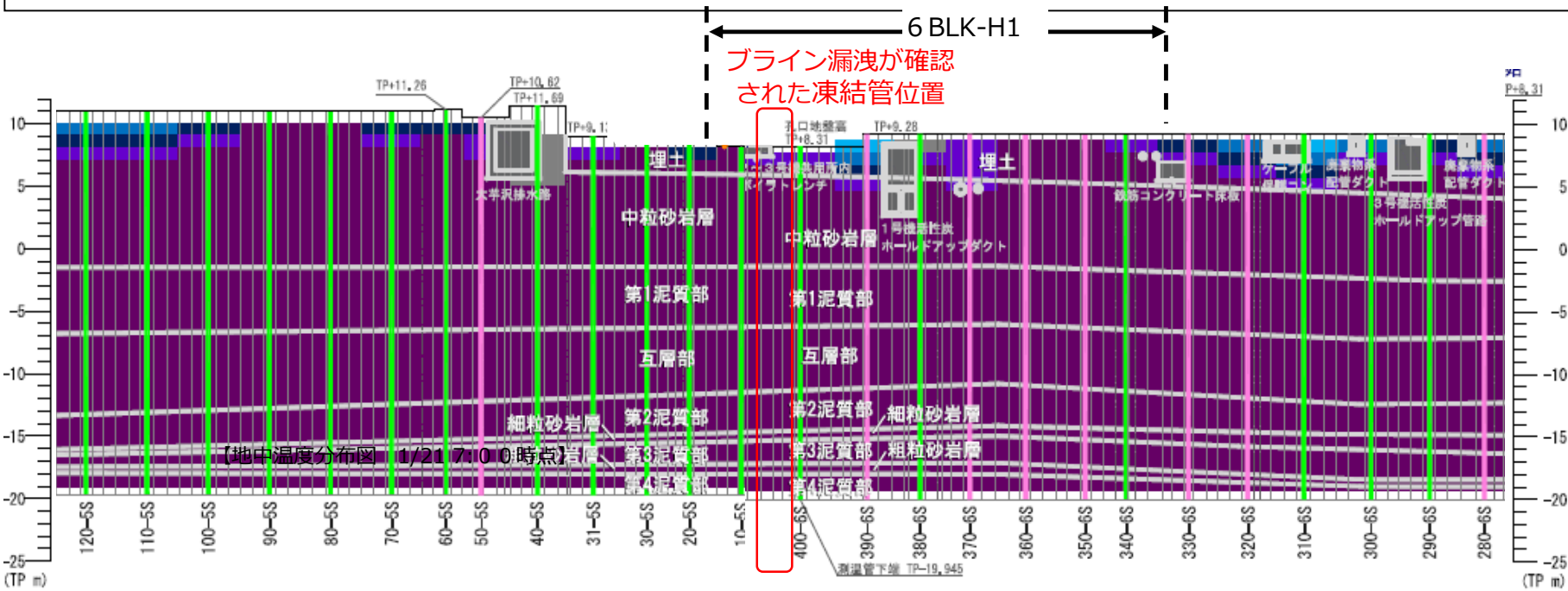


凍結管構造図（詳細）

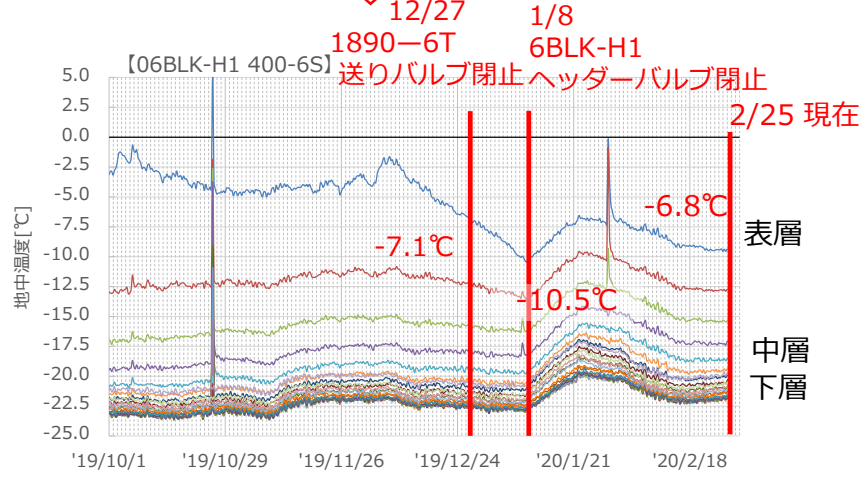


ブライン漏えい時の陸側遮水壁の地中温度の状況

- 陸側遮水壁の地中温度は最も温度の高い箇所で、1890-6T送りバルブ停止時(12/27) -7.1°C 、 -6.8°C となっており陸側遮水壁の止水性能に影響はないと判断している。

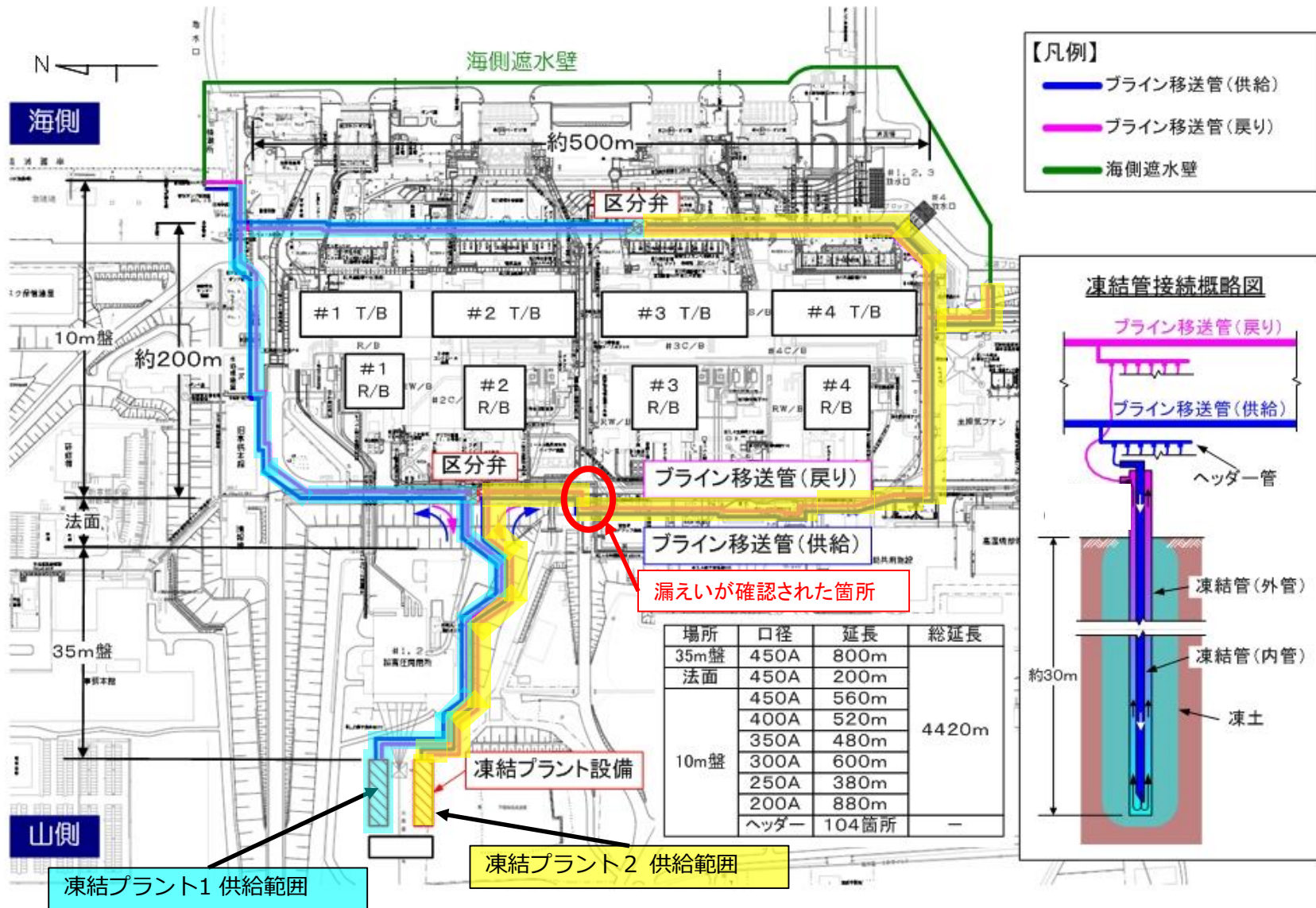


【地中温度分布図 2/25 7:00時点】



【地中温度の経時変化】

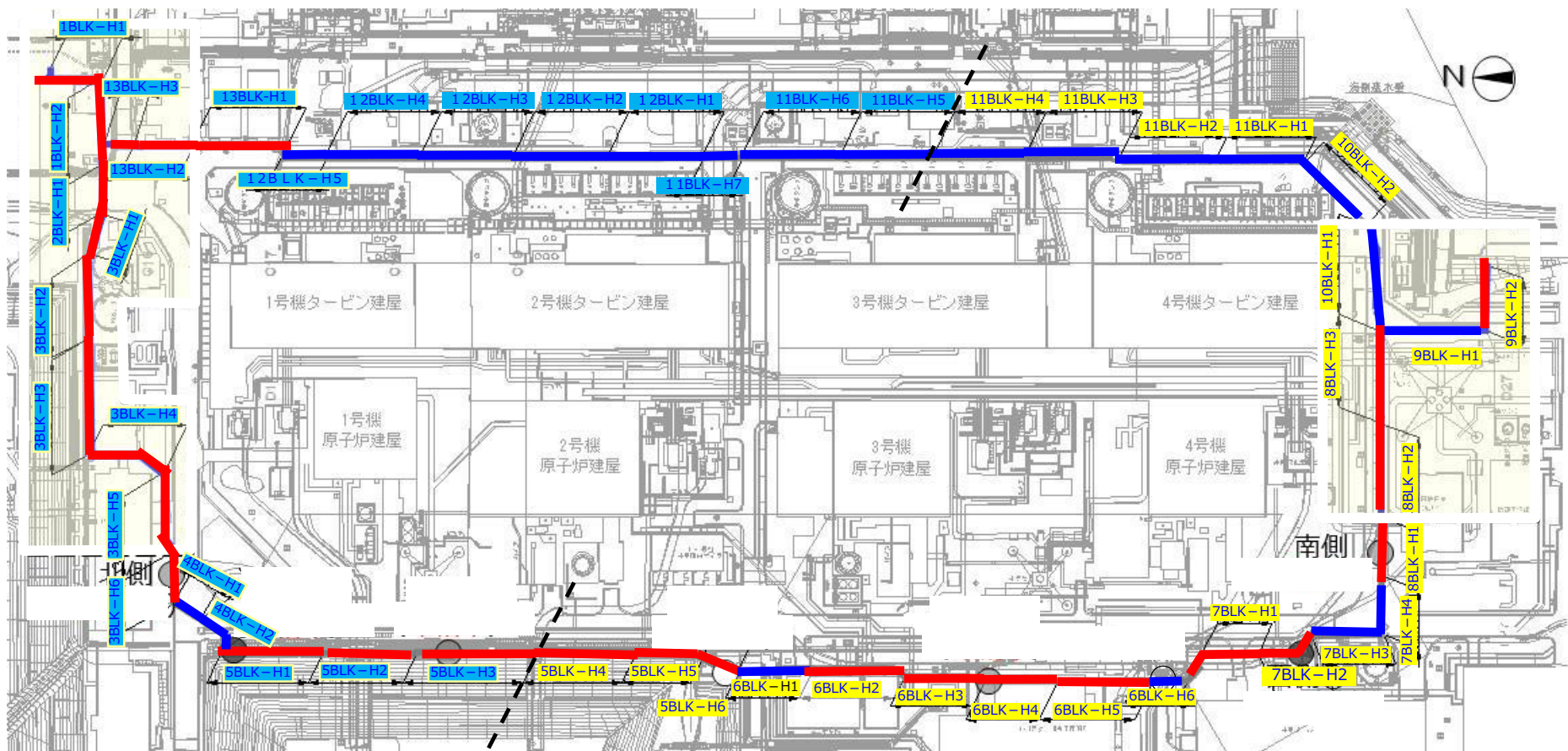
陸側遮水壁ライン及び凍結プラントの基本配置図



R/B :原子炉建屋
T/B :タービン建屋

陸側遮水壁の各ヘッダー分割図

- 維持管理運転対象全49ヘッダー管（北側11，南側8，東側15，西側15）
 - 南側系統(プラント2) 24ヘッダー (5BLK-H4 ~ 11BLK-H4)
 - 北側系統(プラント1) 25ヘッダー (1BLK~5BLK-H3、11BLK-H5 ~ 13BLK-H3)

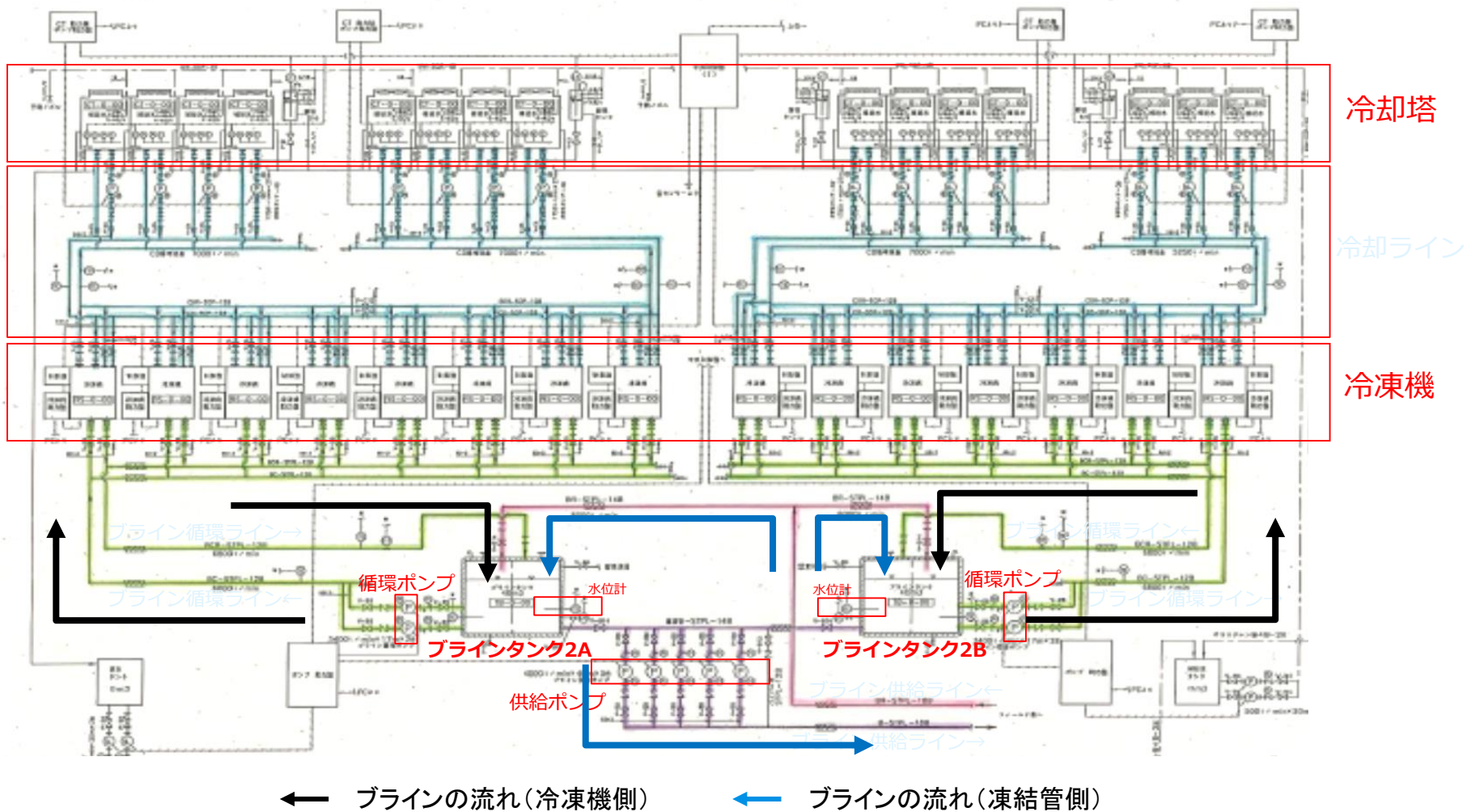


【凡例】

- : 路下部
- : 地上部

冷凍プラント系統図 (プラント2 詳細系統図)

【プラント2の詳細系統図】

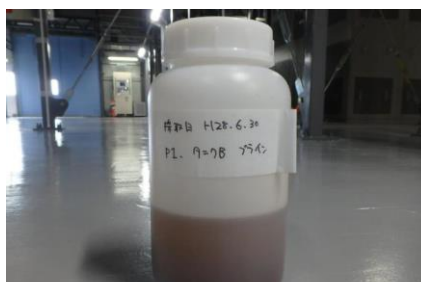


ブライン配管等、目視調査方法について

- ブライン液は薄茶色をしていることから、結露の氷等と識別しながら、弁・ホース・凍結管等各結合部や保温材表面、設備下部について、ブラインの滴下や結晶、茶色い着色の有無を目視で確認する。
- 路下部については、特に冬季に氷着が大きく、即確認できる状況にないため、融氷が必要な状況。冬季に路下部の氷着が成長しないように、送風設備を設置する。
- なお、これまでの母管フランジ部からの微少漏えい等においても、パトロールにおいて保温継手部からの滴下により、不具合を確認している。



【地上部の目視調査実施状況】
(5BLK-H4)



【使用しているブライン液】
塩化カルシウム溶液
融氷剤等に使用されているもの
凍土壁での使用濃度；30%



【冬季における路下部の氷着状況】
(写真は7BLK-H3の融氷作業中)



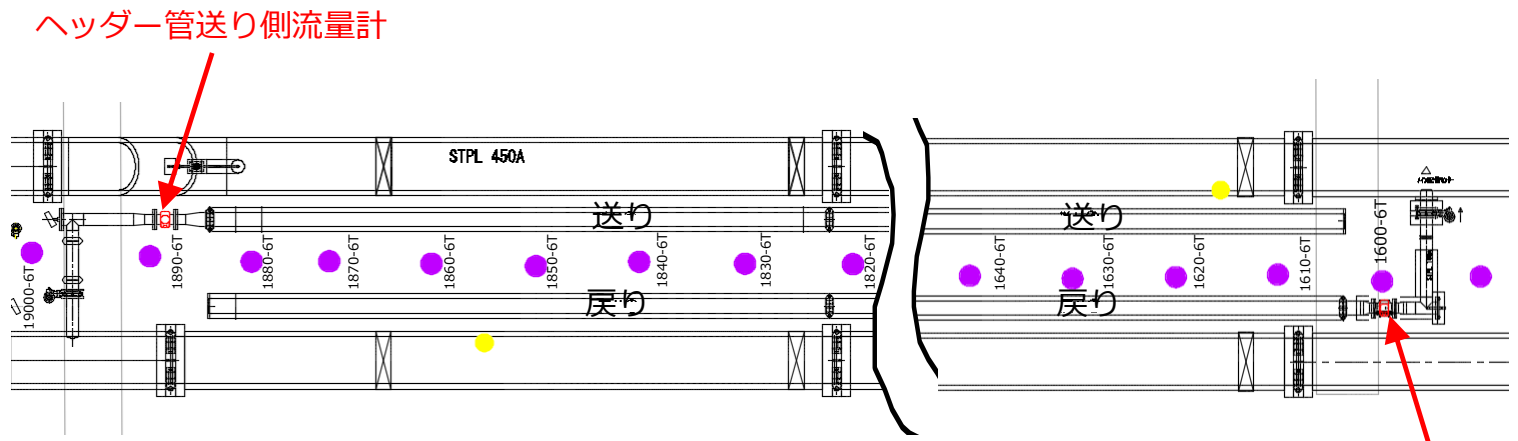
【融氷後の状況】



【融氷後の目視調査実施状況】

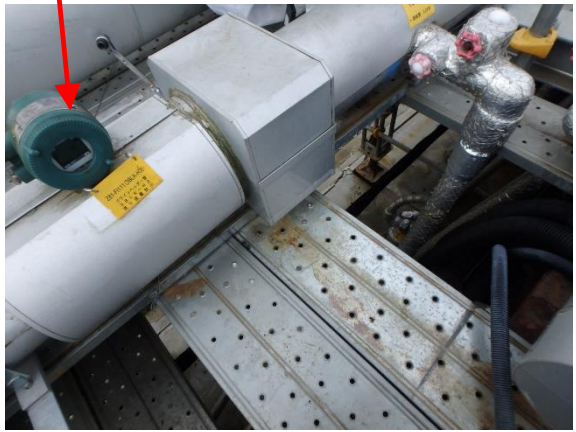
ブラインタンク水位低下確認後の漏洩箇所絞り込み（1）

■ ブラインのヘッダー管の送り・戻りのブラインの流量差分データから絞り込みを行う。

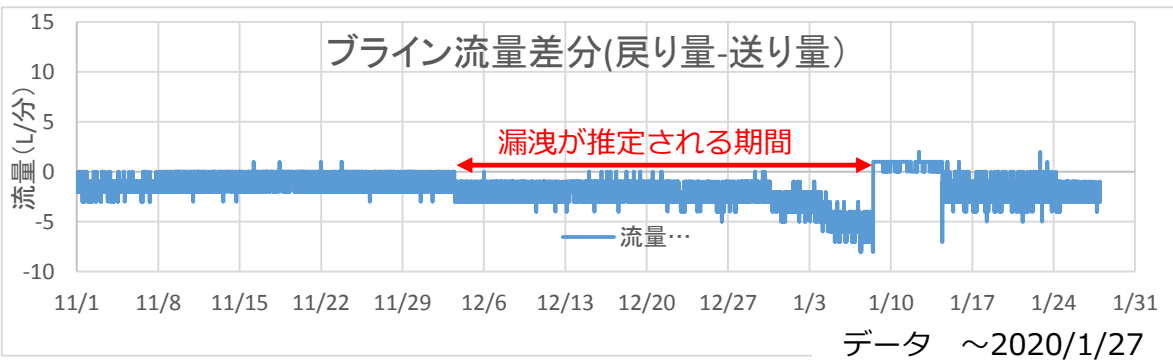


【流量計設置状況図（6BLK-H1）】

流量計（指示器）



【流量計設置状況例（3BLK-H3）】



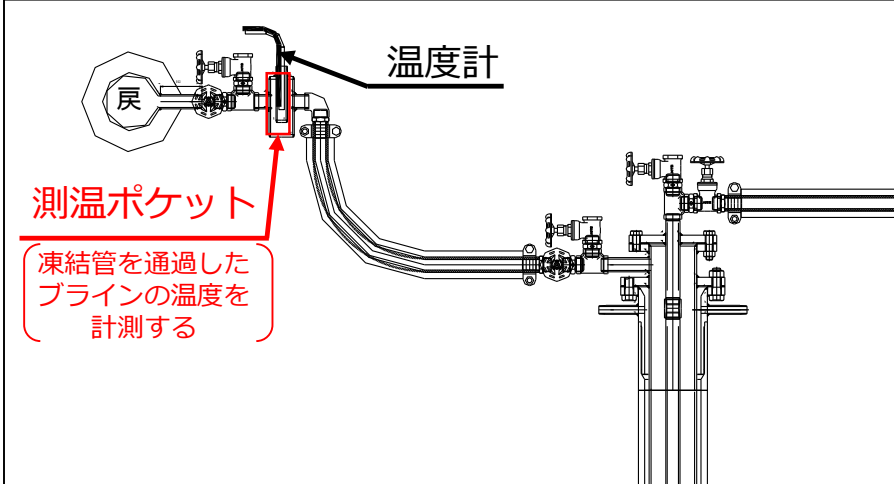
【ブライン流量差分データの経時変化（6BLK-H1）】

ブラインタンク水位低下確認後の漏洩箇所絞り込み（2）

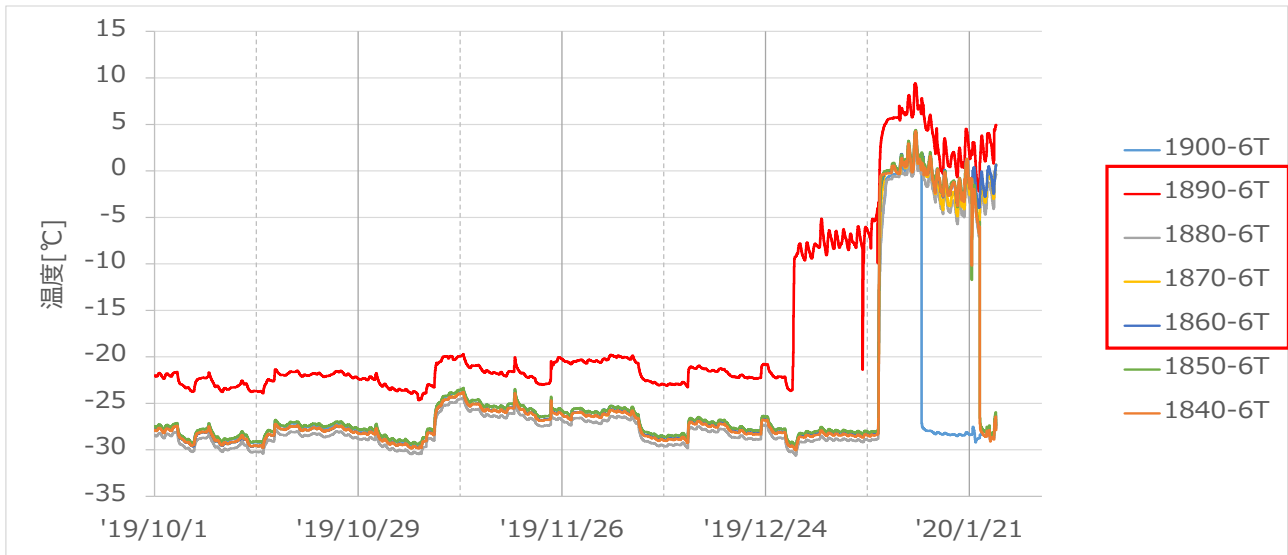
■ 各凍結管に設置している測温ポケットの温度データから絞り込みを行う。



【写真；測温ポケット例 7BLK-H3】



【測温ポケット例；凍結管頭部～ヘッダー管接続部】

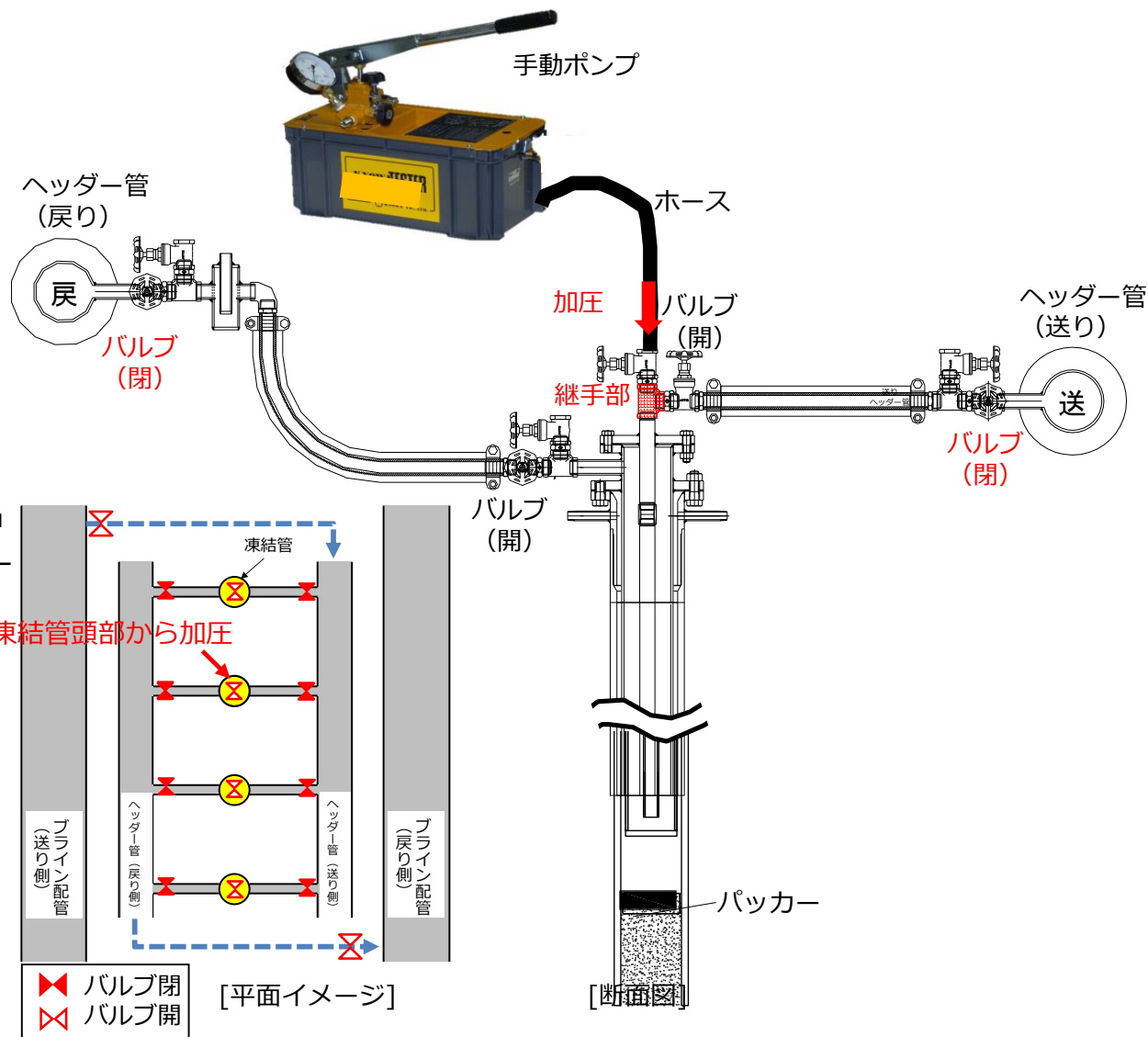


漏洩が確認された凍結管

【漏洩が確認された箇所および周辺凍結管の測温ポケットの経緯変化】

ブライン漏えい確認の凍結管詳細調査（加圧試験）の概要

- 凍結管上部の保温材を外した後、路下部の凍結管を1本ずつ加圧ポンプを用いて手動で加圧し、凍結管からの漏洩の有無を確認した。



【加圧試験実施状況】

【加圧試験概要図】

ブライン漏えいの為の詳細試験（加圧試験）時のブライン漏洩状況



加圧試験前の状況
1870-6T



加圧試験時のブライン漏洩状況
1870-6T

漏れているブライン
が広がった範囲